

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení - 338



**Pneumatický mechanismus pro obracení trámů při
hoblování**

Pneumatic Mechanism for Balk Turning at Planning

Student:

Bc. Daniel Byrtus

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Miloslav Žáček

Ostrava 2009

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Fakulta strojní
Akademický rok 2008/2009

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Daniel Byrtus**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace: 16 Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení

Téma: **Pneumatický mechanismus pro obracení trámů při hoblování**
Pneumatic Mechanism for Balk Turning at Planning

Zásady pro vypracování:

Navrhnete a propočtete pneumatický obraceč, který umožňuje čtyřstranné ohoblování trámů v hoblovně.

Technická data :

Rozměry trámu – průřez 200 x 200 mm, délka 3000 mm.

Vypracujte :

1. Statické a dynamické výpočty potřebné k dimenzování obraceče
2. Návrh pneumatického obvodu včetně specifikace prvků, výkres obvodového schématu
3. Návrh řízení včetně programu pro PLC
4. Dispoziční výkres obraceče (projekční návrh)
5. Pokyny pro uvedení do provozu , údržbu a návrh diagnostiky obraceče

Seznam doporučené odborné literatury:

Kunc, Z. *Dřevopříručka*. Praha: BEN 2004. 96 s. ISBN 80-7300-126-8.

SMC Industrial Automation CZ. Brno. *SMC Training. Stlačený vzduch a jeho využití*. 2007. 344 s.

Deppert, W; Stoll, K. *Pneumatische Steuerungen*. Würzburg: Vogel, 1994. 285 s. ISBN 3-8023-1549-9.

Festo Pneumatic. *Pneumatik Anwendungsbeispiele*.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Miloslav Žáček**

Konzultanti diplomové práce: Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.

Datum zadání: 29.09.2008

Datum odevzdání: 22.05.2009

doc. RNDr. Milada Kozubková, CSc.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

V Ostravě dne 3. prosince 2008

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 22. května 2009

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же оdevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o veřejných školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 22. května 2009

.....
podpis studenta

Adresa trvalého pobytu diplomanta:

Bystřice 1096
739 95, (Okres F-M)

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

BYRTUS, D. *Pneumatický mechanismus pro obracení trámů při hoblování*. Ostrava:

Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, Fakulta strojní VŠB-
Technická univerzita Ostrava, 2009, 88 s.

Diplomová práce, vedoucí: Ing. Žáček, M.

Diplomová práce se zabývá návrhem pneumatického mechanismu pro obracení trámů, který umožňuje čtyřstranné ohoblování trámů v hoblovně.

Úvod diplomové práce obsahuje rozbor pneumatických mechanismů a teorii hoblování. Následuje popis zařízení pro obracení trámů včetně funkce pneumatického obvodu, výpočet statických a dynamických parametrů pneumatického mechanismu, návrh pneumaticky řízeného a elektricky řízeného pneumatického obvodu včetně popisu těchto variant a specifikace prvků. Pro zvolený elektropneumatický řízený obvod je proveden návrh pneumatických prvků z katalogu firmy FESTO a výpočet propustnosti tohoto obvodu. Dále práce zahrnuje pokyny pro uvedení pneumatického mechanismu do provozu a údržbu včetně návrhu diagnostiky obrabeče.

K diplomové práci jsou přiložena schémata pneumatického i elektropneumatického obvodu s komplexními diagramy pohybů a dispoziční výkres obrabeče.

ANNOTATION OF THESIS

BYRTUS, D. *Pneumatic Mechanism for Balk Turning at Planing*. Ostrava: Department of Hydromechanics and Hydraulic Equipments, Faculty of Mechanical Engineering, VŠB-Technical University of Ostrava, 2009, 88 pages.

Thesis, head: Ing. Žáček, M.

The diploma thesis deals with a project of pneumatic mechanism for turning beams which makes the planing of the beam from four sides in planing workshop possible.

The introduction of the diploma thesis involves the analysis of pneumatic mechanisms and theories of planing. Further, it consists of a description of the machine for turning the beams, including the pneumatic circuit, calculation of static and dynamic parameters of the pneumatic mechanism, a project of pneumatically and electrically controlled pneumatic circuit as well as a description of the alternations and specification of the components.

A project of pneumatic components from the catalogue of the FESTO company for the chosen electropneumatic controlled network has been implemented as well as calculation of the permeability of the circuit. The thesis further comprises instructions to put the pneumatic mechanism into operation, instructions concerning the service and a project of the diagnostic of the convertor.

The supplement of the diploma thesis includes schemes of pneumatic and electropneumatic network as well as complex diagrams and a layout drawing of the convertor.

OBSAH DIPLOMOVÉ PRÁCE

Seznam použitých veličin	9
1. Teoretický úvod	12
1.1 Pneumatické mechanismy	12
1.2 Vývoj pneumatických mechanismů	12
1.3 Výhody a nevýhody pneumatických mechanismů	13
1.4 Teorie hoblování	15
1.4.1 Hoblovací stroje	15
1.4.2 Nožové hřídele	17
2. Popis pneumatického obraceče	18
2.1 Schéma obraceče	18
2.2 Popis pracovního cyklu pneumatického obraceče	19
2.3 Znázornění průběhu pohybu	19
3. Statické a dynamické výpočty potřebné k dimenzování obraceče	20
3.1 Výpočet parametrů přímočarého pneumomotoru 1.0	20
3.1.1 Výpočet zatěžující síly	20
3.1.2 Návrh průměru pístu	22
3.1.3 Kontrola pístnice na vzpěr	23
3.1.4 Spotřeba vzduchu na jeden pracovní cyklus	24
3.1.5 Dynamika pohonu	25
3.2 Výpočet parametrů přímočarého pneumomotoru 2.0	27
3.2.1 Návrh průměru pístu	28
3.2.2 Kontrola pístnice na vzpěr	29
3.2.3 Spotřeba vzduchu na jeden pracovní cyklus	30
3.2.4 Dynamika pohonu	31
3.3 Výpočet parametrů kyvného pneumomotoru 3.0	33
3.3.1 Spotřeba vzduchu na jeden pracovní cyklus	34
3.4 Výpočet parametrů přímočarého pneumomotoru 4.0	36
3.4.1 Návrh průměru pístu	37
3.4.2 Kontrola průhybu pístnice	38
3.4.3 Kontrola pístnice na vzpěr	38

3.4.4	<i>Spotřeba vzduchu na jeden pracovní cyklus.....</i>	39
3.4.5	<i>Dynamika pohonu.....</i>	40
3.5	Výpočet průtokové propustnosti pneumatického obvodu	42
3.5.1	<i>Výpočet průtokové propustnosti větve s pneumomotorem 1.0.....</i>	43
3.5.2	<i>Výpočet průtokové propustnosti větve s pneumomotorem 2.0.....</i>	46
3.5.3	<i>Výpočet průtokové propustnosti větve s pneumomotorem 3.0.....</i>	48
3.5.4	<i>Výpočet průtokové propustnosti větve s pneumomotorem 4.0.....</i>	51
4.	Návrh pneumatických obvodů	54
4.1	Znázornění průběhu pohybů pneumomotorů pneumatických obvodů	54
4.2	Pneumatické schéma obvodu.....	55
4.3	Specifikace použitých prvků v pneumatickém řízeném obvodě	55
4.4	Popis funkce pneumaticky řízeného obvodu	56
4.5	Komplexní diagram pohybů a ovládání pneumatického obvodu	58
4.6	Elektropneumatické schéma obvodu	58
4.7	Specifikace použitých prvků v elektropneumatickém řízeném obvodě	58
4.8	Popis funkce elektropneumaticky řízeného obvodu	59
4.9	Program pro řízení obvodu v jazyce STL.....	61
4.10	Komplexní diagram pohybů a ovládání elektropneumatického obvodu	61
4.11	Realizace obvodu.....	61
5.	Specifikace prvků v obvodu.....	62
5.1	Specifikace společných prvků v obvodu	62
5.2	Větev s pneumomotorem 1.0.....	64
5.3	Větev s pneumomotorem 2.0.....	68
5.4	Větev s pneumomotorem 3.0.....	71
5.5	Větev s pneumomotorem 4.0.....	75
6.	Dispoziční výkres obraceče (projekční návrh).....	78
7.	Pokyny pro uvedení do provozu, údržbu a návrh diagnostiky obraceče	79
7.1	Všeobecné podmínky pro provoz pneumatických obvodů	79
7.2	Pokyny pro montáž a uvedení obvodu do provozu	79
7.2.1	<i>Obecné pokyny montáže</i>	<i>79</i>
7.2.2	<i>Činnosti před uvedením do provozu</i>	<i>80</i>
7.2.3	<i>Zkušební provoz obvodu</i>	<i>80</i>

7.2.4	<i>Obsluha pneumatického mechanismu</i>	80
7.3	Provoz a údržba obvodu	81
7.3.1	<i>Provoz a údržba jednotky pro úpravu stlačeného vzduchu</i>	81
7.3.2	<i>Provoz a údržba rozváděčů, škrtků a jednosměrných ventilů</i>	81
7.3.3	<i>Provoz a údržba plastových hadic</i>	82
7.4	Návrh diagnostiky obraceče	83
8.	Závěr	84
9.	Seznam použité literatury	85
10.	Seznam příloh	87

Seznam použitých veličin

<i>Značka</i>	<i>Název</i>	<i>Jednotka</i>
a	zrychlení válce	[m.s ⁻²]
a ₁	součinitel tření těsnění pístu	[1]
A ₁	plocha pístu	[mm ²]
c	tuhost pneumomotoru se zátěží	[N.m ⁻¹]
d	průměr pístnice	[mm]
d _H	vnitřní průměr hadice	[mm]
D	průměr pístu	[mm]
D _H	vnější průměr hadice	[mm]
E	modul pružnosti oceli v tahu	[Pa]
f ₀	vlastní frekvence pneumomotoru	[Hz]
f _o	součinitel smykového tření	[1]
F _B	síla od tíhy břemene (trámu)	[N]
F _C	celková zatěžující síla	[N]
F _{KR}	kritická síla při vzpěru	[N]
F _{KRdov}	přípustná kritická síla při vzpěru	[N]
F _S	setrvačná síla (D´Alambertova síla)	[N]
F _{SK}	skutečná síla válce	[N]
F _{SKmax}	maximální skutečná síla válce	[N]
F _T	třecí síla	[N]
F _{VS}	síla od tíhy válečkového stolu	[N]
g	tíhové zrychlení	[m.s ⁻²]
h _d	délka tlumení válce	[mm]
H	zdvih válce	[mm]
I	osový moment setrvačností	[m ⁴]
J	moment setrvačnosti průřezu pístnice	[mm ⁴]
J _X	hmotnostní moment setrvačnosti tělesa k ose	[kg.m ²]
k	bezpečnost při smyku	[1]
K	modul stlačitelnosti vzduchu	[Pa]
l _{red}	redukováná délka pístnice	[mm]
m	hmotnost	[kg]

M_D	dynamický moment	[N.m]
M_M	krouticí moment na motoru	[N.m]
M_Z	zátěžný moment	[N.m]
n	polytropický exponent	[1]
$N_{1,2}$	normálové síly	[N]
N_{SK}	skutečná normálová síla	[N]
p_1	pracovní tlak	[Pa]
p_2	tlak pro výfuk do rozváděče	[Pa]
Δp_a	tlakový spád potřebný pro rozběh	[Pa]
p_{1abs}	absolutní tlak	[Pa]
p_N	tlak při normálních podmínkách (atmosférický tlak)	[Pa]
p_p	přetlak	[Pa]
Q_1, Q_2	průtok vzduchu motorem při vysouvání a zasouvání	[l/min]
Q_{1N}	průtok vzduchu motorem přepočtený na normální podmínky	[l/min]
Q_{Ne}	ekvivalentní (náhradní) průtok	[l/min]
Q_{Ni}	jmenovitý průtok i-tého prvku	[l/min]
Q_{STR}	střední spotřeba vzduchu	[l/min]
R	doporučený poloměr ohybu hadice	[mm]
R_o	odpor těsnění	[N]
S	plocha pístu	[mm ²]
S_1	plocha pístu při výpočtu průtokové propustnosti	[mm ²]
S_2	plocha mezikruží při výpočtu průtokové propustnosti	[mm ²]
S_v	plocha vedení (hadice)	[mm ²]
t	doba kyvu	[s]
t_b	doba brzdění	[s]
t_C	čas pracovního cyklu	[s]
t_r	doba rozběhu	[s]
t_u	ustálený čas	[s]
$T_{1,2}$	třecí síly	[N]
v	rychlost válce	[m.s ⁻¹]

v_u	ustálená rychlost	$[\text{m.s}^{-1}]$
v_v	rychlost proudění vzduchu	$[\text{m.s}^{-1}]$
V	objem trámu	$[\text{m}^3]$
V_1	objem vzduchu na jeden pracovní cyklus při vysouvání pístnice	$[\text{m}^3]$
V_2	objem vzduchu na jeden pracovní cyklus při zasouvání pístnice	$[\text{m}^3]$
V_C	celkový objem vzduchu na jeden pracovní cyklus	$[\text{m}^3]$
V_{CN}	celkový objem vzduchu na jeden pracovní cyklus přepočteny na normální stav	$[\text{m}^3]$
y_{\max}	průhyb pístnice	$[\text{mm}]$
α	úhlové zrychlení	$[\text{rad.s}^{-2}]$
φ	úhel pootočení	$[\text{rad}]$
ν	součinitel bezpečnosti při vzpěru	$[1]$
ρ	hustota trámu	$[\text{kg.m}^{-3}]$
ω	úhlová rychlost	$[\text{rad.s}^{-1}]$

1. Teoretický úvod

1.1 Pneumatické mechanismy

Pneumatické mechanismy jsou vedle mechanismů hydraulických, elektrických a tuhých významným prostředkem, uplatňujícím se při konstrukci nejrůznějších strojů a výrobních zařízení. Ve srovnání s jinými mechanismy mají řadu výhod a přes rostoucí trend modernizace hydraulických mechanismů a výrazný podíl jejich elektronizace, má jejich výroba a aplikace stále vzestupnou tendenci.

Aplikační oblasti pneumatických mechanismů jsou velmi rozmanité a lze je jen těžko vyjmenovat. Pro některá omezení ve velikosti přenášených sil a výkonů se využívají ve všech odvětvích strojírenství při konstrukci výrobních strojů, manipulačních a dopravních zařízení a robotů, balících a montážních zařízení, strojů pro báňský a metalurgický průmysl, strojů pro stavebnictví apod. [1]

1.2 Vývoj pneumatických mechanismů

Pneumatické mechanismy ve srovnání s hydraulickými mechanismy mají poněkud kratší historii a jejich významnější rozvoj lze zachytit až v 60. letech, kdy byl vyvolán především explozivním zájmem o automatizaci činnosti výrobních zařízení. Konstrukce automatizačních prostředků a realizace pomocných ovládacích funkcí jsou dosud hlavním prostorem aplikací pneumatických prvků. [21]

V České republice má výroba pneumatických prvků a aplikace pneumatických mechanismů mnohaletou tradici. V 50. a 60. letech byl našimi výrobci zajišťován běžný sortiment pneumatických prvků, z nichž se realizovaly jednoduché pneumatické systémy zejména ve strojírenské výrobě, dopravních prostředcích a stavebnictví. V 70. a 80. letech nastal útlum výroby prvků, který přinutil dovážet potřebné prvky pro rozvíjející se aplikace pneumatických mechanismů v našem průmyslu.

Po roce 1990 se situace v zabezpečení pneumatických prvků pro stále se rozvíjející aplikace pneumatických mechanismů u nás výrazně zlepšila. Jedním z důvodů je rozvoj výroby prvků u nás. Hlavním důvodem pro stále se rozvíjející aplikace pneumatických mechanismů, je možnost využití obrovského sortimentu špičkových pneumatických prvků a zařízení zahraničních výrobců, kteří u nás zavedli fungující zastoupení s možností okamžitých dodávek prvků a odbornými konzultacemi.

Mezi nejvýznamnější tyto firmy patří Bosch Rexroth (SRN), FESTO (SRN), NORGREN (SRN), SMC (Japonsko). K těmto firmám se řadí naši výrobci Poličské strojírny a.s., firma Stránský a Petržík, kteří s některými z výše jmenovaných firem úspěšně spolupracují. [1]

Důkazem, pro stále se rozvíjející aplikace pneumatických mechanismů, jsou údaje publikovány v časopise Europäischer FLUID Markt 1993.

Rok	1989	1990	1991	1992
Hydraulické prvky	4107	4311	3752	3704
Pneumatické prvky	1140	1216	1166	1246
Celkem	5247	5527	4918	4950
Podíl pneumatických prvků na celkové výrobě	21,7%	22%	23,7%	25,2%

Tab. 1 Výroba hydraulických a pneumatických prvků ve SRN v milionech DEM [1]

1.3 Výhody a nevýhody pneumatických mechanismů

Neustále se rozšiřující používání pneumatických mechanismů při konstrukci moderních a výkonných strojů a zařízení svědčí o řadě výhod a předností pneumatických mechanismů před mechanismy hydraulickými, elektrickými a také před mechanismy tuhými.

Mezi nejdůležitější výhody pneumatických mechanismů lze zařadit následující:

- Výroba stlačeného vzduchu v průmyslových závodech je zpravidla centrální s možností dobré účinnosti a zabezpečení péče o jeho jakost. Využití mobilních kompresorových stanic zase umožňuje využívat pneumatické mechanismy i tam, kde není k dispozici elektrická energie.
- Rozvod stlačeného vzduchu se děje jediným vodičem (trubky, hadice) s jednoduchým a nenáročným připojováním. Po předání energie v mechanismu je vzduch vyfukován do ovzduší, což může zlepšovat větrání a ochlazování pracovních prostorů.
- Provoz pneumatického zařízení umožňuje čistotu provozního prostředí, potřebnou zejména v potravinářském, farmaceutickém a oděvním průmyslu.

- Možnost práce pneumatického mechanismu ve značném rozmezí teplot okolního prostředí, neboť i velký teplotní rozsah nemá podstatný vliv na vlastnosti vzduchu.
- Významná je možnost přetížitelnosti pneumatického mechanismu až k úplnému zastavení, a to s vyloučením možností poškození jeho mechanických částí a bez energetických ztrát.
- Velká rychlost vykonávaných operací, kupř. u přímočarého pohybu až 8krát rychleji a u rotačního pohybu až s 20krát většími otáčkami než u mechanismů hydraulických či elektrických.
- Snadná rychlostní, otáčková, silová a výkonová regulace.
- Možnost komplexní automatizace pneumatických mechanismů.
- Pneumatické mechanismy zaručují bezpečnost provozu i ve výbušném a zápalném prostředí (hlubinné doly, chemický průmysl, nábytkářský průmysl apod.), kde elektrická zařízení vyžadují speciální provedení.
- Protože pneumatické mechanismy pracují s vnitřním přetlakem, zabraňuje se tím vnikání nečistot z okolí (prašné prostředí) do prvků a tím jejich opotřebování.
- Snadná montáž a údržba, která neklade zvláštní nároky na kvalifikaci personálu.

Abychom správně a objektivně posoudili a vymezili oblasti použití pneumatických mechanismů, je nezbytné si také všimnout i jejich nevýhod.

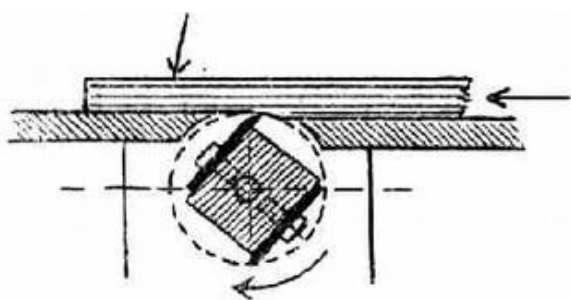
Za nejdůležitější nevýhody pneumatických mechanismů lze považovat:

- Stlačený vzduch musí být pro spolehlivou činnost pneumatického mechanismu patřičně upraven: zbaven mechanických nečistot, vlhkosti a vody a v některých případech přimazán olejovou mlhou k zabezpečení mazání pohybujících se prvků pneumatického mechanismu.
- Hlučnost vznikající od expandovaného vzduchu na výstupu z pneumatického prvku, zejména při velkých průtocích (stovky až tisíce $\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$).
- Stlačitelnost vzduchu, která na jedné straně přináší dříve uvedenou výhodu možné přetížitelnosti, na druhou stranu způsobuje malou tuhost mechanismu a při proměnlivém zatížení obtížně dosažitelnou přesnost regulace rychlosti a souslednosti pohybů.
- Stlačený vzduch je nejdražší energie a ekonomické ztráty vznikají především jeho rozvodem, ale také nedokonalým využitím v pracovním prvku neúplnou expanzí.

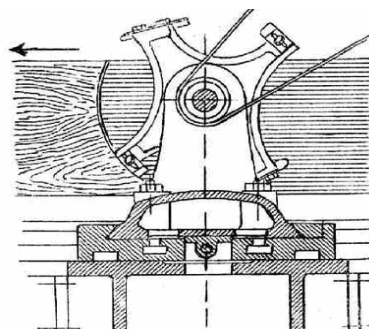
1.4 Teorie hoblování

Hoblovací stroje (někdy hoblovky nebo srovnávačky) na dřevo jsou stroje k vytvoření rovinných ploch, u kterých řezací nástroj, nůž, vykonává při řezání rotační pohyb. U rotačních strojů jsou nože připevněny buď:

- a) na hřídeli tak, že břity nožů, které jsou alespoň tak široké jako plocha určena k hoblování, leží na válcové ploše (obr. 1.4.1)
- b) na desce (kotouči) tak, že při otáčení kolem své osy se pohybují břity nožů v rovině kolmé k ose desky (obr. 1.4.2); těmto strojům se říká kotoučové



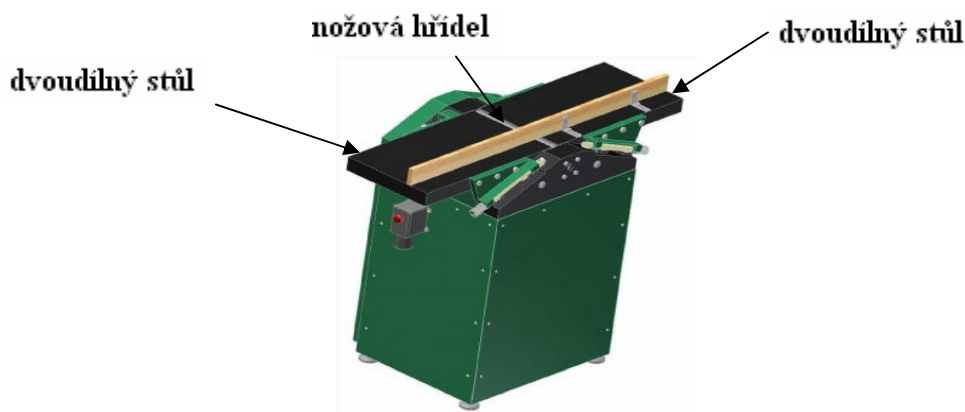
Obr. 1.4.1 Varianta a)



Obr. 1.4.2 Varianta b)

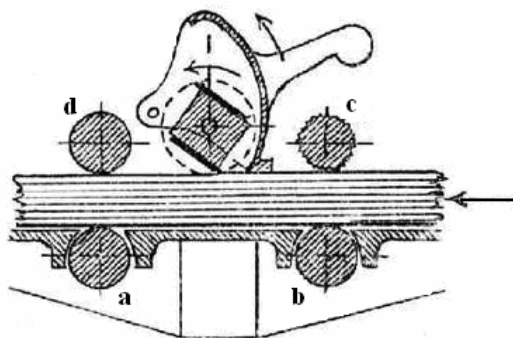
1.4.1 Hoblovací stroje

Mezi nejjednodušší hoblovací stroje patří ty, při kterých se pohybuje plocha obrobku, která se má ohoblovat po stole opatřeném skulinou, ze které vystupuje nůž o tloušťku třísky nad vrchní plochu stolu (obr. 1.4.1). Aby bylo možno docílit rovinné plochy, je pracovní stůl konstruován jako dvoudílný – tzn. obě části pracovního stolu lze výškově nastavit. Aby došlo k odebrání třísky, musí být výška předního stolu pod oběžnou kružnicí nožů. Tento výškový rozdíl určuje velikost odebrané třísky při jednom pracovním pohybu.



Obr. 1.4.3 Nejjednodušší hoblovací stroj

Na obr. 1.4.4 můžeme vidět jiné uspořádání stroje, kde nožová hřídel je umístěna nad hoblovaným materiálem. Hoblovaný obrobek (spodní plocha) může být veden po stole nebo po dvou mírně nad rovinu stolu vyčnívajících hladkých válcích **a**, **b**. Proti nožům se posunuje předmět ryhovaným válcem **c**, kdežto válec **d** přitlačuje ohoblovanou plochu dolů. Obvodová rychlost nožů bývá až 30 m.s^{-1} , počet otáček hřídele bývá 1200-7500 ot/min.



Obr. 1.4.4 Nožová hřídel umístěna nad hoblovaným materiálem

Ve větších závodech, kde je výroba plně automatizovaná se používají hoblovací automaty. Na obr. 1.4.5 můžeme vidět hoblovací automat, umožňující čtyřstranné ohoblování, včetně dřevoobráběcí linky od firmy Hans Hundegger. Tento stroj nabízí řadu výhod, mezi které patří např. mobilní obslužná jednotka, plně automatický přenos dat, rozsáhlé pracovní režimy, výměna nožů během několika vteřin, obsluha jednou osobou a mnoho dalších.



Obr. 1.4.5 Hoblovací automat s dřevoobráběcí linkou firmy Hans Hundegger

1.4.2 Nožové hřídele

Nožové hřídele mají podstatný vliv na kvalitu hoblované plochy. Základní tvar tvoří válcová nožová hřídel, u které jsou na tělesu hřídele přítlačnými lištami upevněny dva, tři nebo čtyři nože z rychlořezné oceli nebo slinutých karbidů.



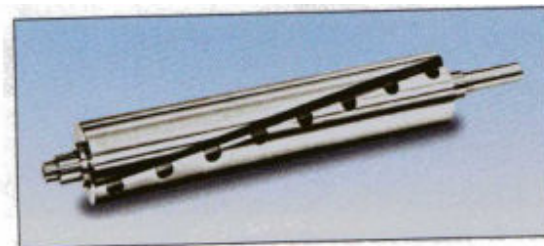
Obr. 1.4.6 Nožová hřídel se dvěma noži



Obr. 1.4.7 Nožová hřídel se čtyřmi noži



Obr. 1.4.8 Nožová hřídel s upínáním odstředivými silami

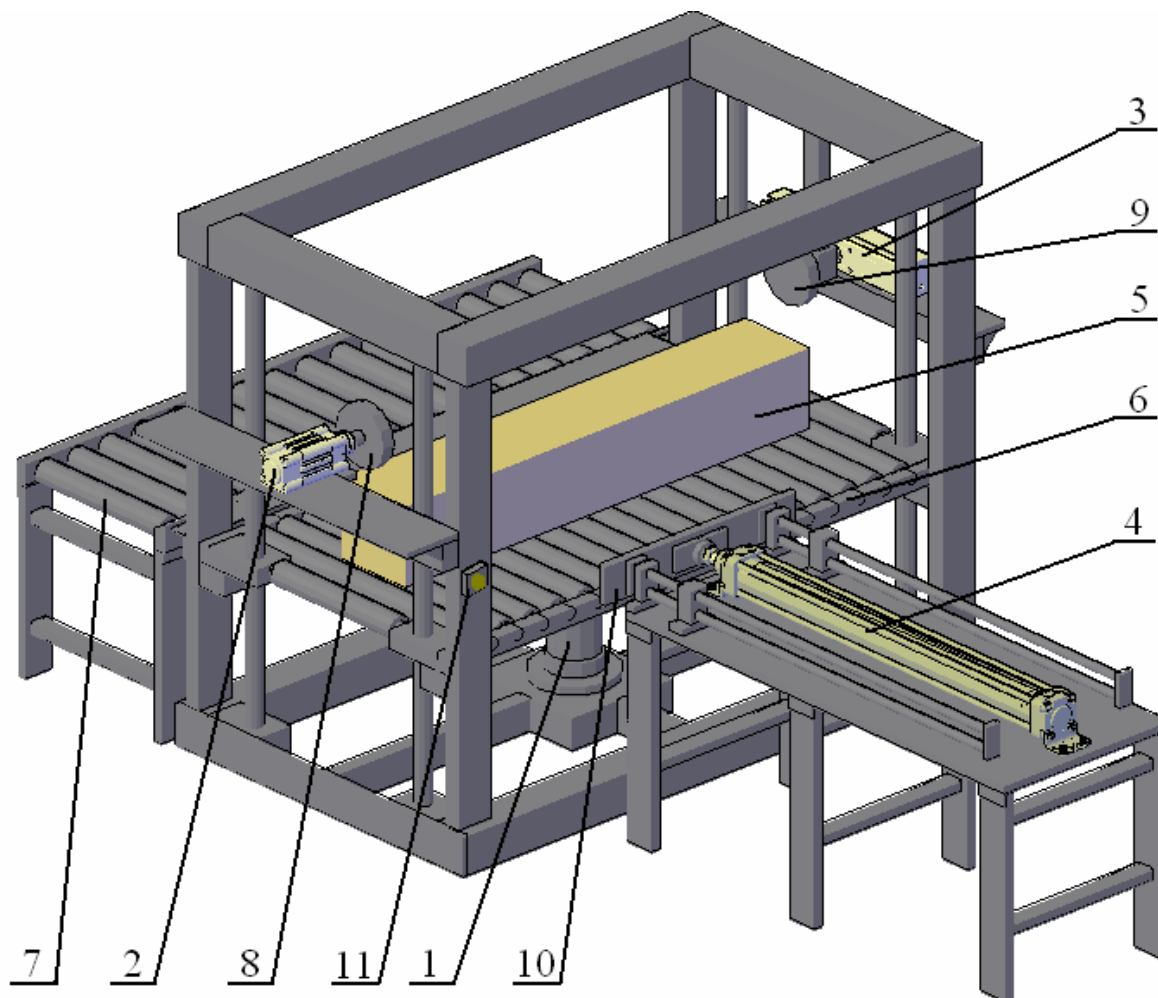


Obr. 1.4.9 Spirálová nožová hřídel

2. Popis pneumatického obraceče

2.1 Schéma obraceče

Pneumatický mechanismus pro obrácení trámů při hoblování umožňuje čtyřstranné ohoblování trámů. Součástí mechanismu je rovněž odsunutí trámů mimo obraceč na válečkový dopravník, kterým jsou dopravovány k hoblování.



Obr. 2.1.1 Schéma obraceče

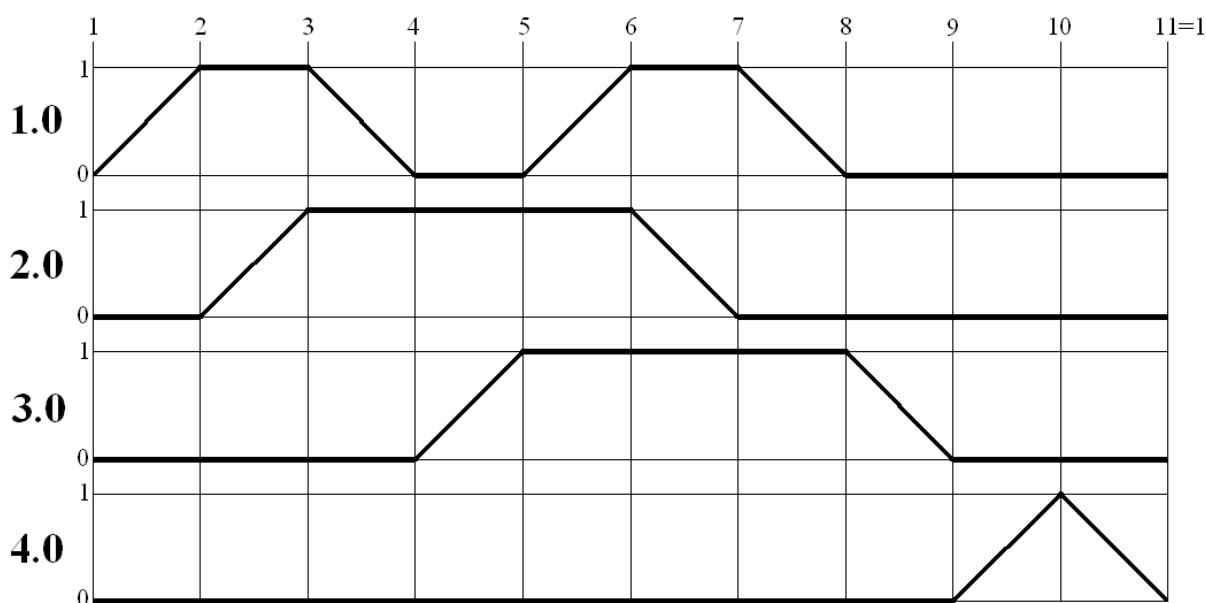
Popis odkazových čar

- | | |
|---------------------|---|
| 1...pneumomotor 1.0 | 7...válečkový dopravník |
| 2...pneumomotor 2.0 | 8...přípravek pro upnutí trámu |
| 3...pneumomotor 3.0 | 9...přípravek pro otočení trámu |
| 4...pneumomotor 4.0 | 10...přípravek pro odsun trámu mimo obraceč |
| 5...trám | 11...tlačítko START |
| 6...válečkový stůl | |

2.2 Popis pracovního cyklu pneumatického obraceče

Stisknutím tlačítka START se spustí plně automatický chod obraceče. Pneumomotor 1.0 se vysune a zvedne válečkový stůl s trámem, umístěným na válečkovém stole, do pracovní polohy. Následně vyjede pneumomotor 2.0 a upne trám mezi přípravky (čelisti). Při upínání tlak narůstá a až dosáhne požadované hodnoty pro upnutí trámu dojde k zasunutí pneumomotoru 1.0 a tím k zajetí válečkového stolu do výchozí polohy. Nyní pneumomotorem 3.0 nastane otočení trámu o 90°. Po otočení trámu vyjede znovu válečkový stůl do pracovní polohy. Dojde k uvolnění sevřeného trámu a následně opětovnému zajetí válečkového stolu do výchozí polohy. Dalším krokem je zajetí pneumomotoru 3.0 do výchozí polohy. Nyní se vysune pneumomotor 4.0 a odsune trám na válečkový dopravník, kterým je dopraven k dalšímu zpracování. V našem případě hoblování. Poslední operací je zasunutí pneumomotoru 4.0 do výchozí polohy.

2.3 Znázornění průběhu pohybů



Obr. 2.3.1 Průběh pohybů pneumomotorů

3. Statické a dynamické výpočty potřebné k dimenzování obraceče

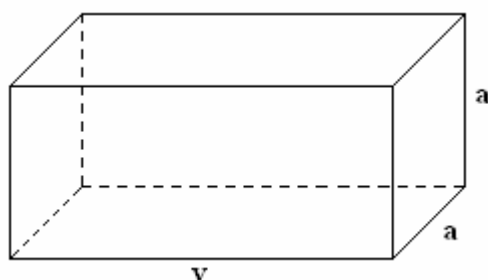
3.1 Výpočet parametrů přímočarého pneumomotoru 1.0

Pneumomotor 1.0 slouží ke zvedání a spouštění válečkového stolu spolu s trámem.

Pro tento pohon použijí dvojčinný pneumomotor pro bezdotykové snímání poloh, s nastavitelným tlumením v obou koncových polohách. Nastavitelné tlumení umožňuje velmi účinné zpomalení pístu a tím možnost použití vyšších rychlostí pohybu. Tímto řešením je docíleno menšího opotřebení, dochází také k významnému snížení hlučnosti a vibrací. Plynulé tlumení chodu v krajních polohách lze seřizovat seřizovacími šrouby na přírubách válce.

3.1.1 Výpočet zatěžující síly

Z rozměru trámu: průřez 200 x 200 mm, délka 3000 mm → určím vlastní hmotnost.



Objem trámu

$$V = a^2 \cdot v$$

$$V = 0,2^2 \cdot 3$$

$$\underline{V = 0,12 \text{ m}^3}$$

Hmotnost trámu

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho \cdot V$$

$$m = 720 \cdot 0,12$$

$$\underline{\underline{m = 86,4 \text{ kg}}}$$

Hmotnost trámu je součtem hmotností tří komponentů: dřeva, vázané vody a vody volné. Okamžitá hmotnost dřeva proto závisí na jeho vlhkosti a na hustotě dřeva. Určení vlhkosti a hustoty dřeva je velice obtížné. Proto předpokládejme, že se bude hoblovat suché bukové dřevo, jehož hustota $\rho = 720 \text{ kg / m}^3$.

Síla od tíhy břemene (trámu)

$$F_B = m \cdot g$$

$$F_B = 86,4 \cdot 9,81$$

$$\underline{F_B = 847,58 \text{ N}}$$

Síla od tíhy válečkového stolu

$$F_{VS} = m \cdot g$$

$$F_{VS} = 200 \cdot 9,81$$

$$\underline{F_{VS} = 1962 \text{ N}}$$

Setrvačná síla (D'Alembertova síla)

$$F_S = m \cdot a$$

$$F_S = m \cdot \frac{v^2}{2 \cdot h_d}$$

$$F_S = 286,4 \cdot \frac{0,16^2}{2 \cdot 0,03}$$

$$\underline{F_S = 122,19 \text{ N}}$$

$$a = \frac{v}{t} = \frac{v^2}{2 \cdot h_d}$$

Odpor těsnění

$$R_o = a_1 \cdot (F_B + F_{VS})$$

$$R_o = 0,2 \cdot (847,58 + 1962)$$

$$\underline{R_o = 561,92 \text{ N}}$$



Součinitel tření těsnění pístu a_1 se volí v rozmezí $a_1 = 0,1 \div 0,3 \Rightarrow$ volím $a_1 = 0,2$

Celková zatěžující síla

$$F_C = F_B + F_{VS} + F_S + R_o$$

$$F_C = 847,58 + 1962 + 122,19 + 561,92$$

$$\underline{\underline{F_C = 3493,69 \text{ N}}}$$

3.1.2 Návrh průměru pístu

Počáteční podmínky

- pracovní tlak i přetlak jsou rovny: $p_1 = p_p = 0,6 \text{ MPa}$
- tlak pro výfuk do rozváděče volím: $p_2 = 0,05 \text{ MPa}$

Plocha pístu

$$S_1 = \frac{F_C}{p_1}$$

$$S_1 = \frac{3493,69}{0,6 \cdot 10^6}$$

$$S_1 = 5,82 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Průměr pístu

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S_1}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 5,82 \cdot 10^{-3}}{\pi}}$$

$$D = 0,086 \text{ m} \Rightarrow \underline{D = 86 \text{ mm}}$$

Z katalogu firmy Festo volím pneumomotor: **DNG-100-400-PPV-A**

- dvojitý, s nastavitelným tlumením koncových poloh a bezdotykovým snímáním krajních poloh
- průměr pístu $\phi D = 100 \text{ mm}$
- průměr pístnice $\phi d = 25 \text{ mm}$



Obr. 3.1.1

Skutečná síla

$$F_{Sk} = p_1 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} - p_2 \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}$$

$$F_{Sk} = 0,6 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} - 0,05 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi \cdot (0,1^2 - 0,025^2)}{4}$$

$$\underline{\underline{F_{Sk} = 4344,23 \text{ N}}}$$

Kontrola pneumomotoru: $F_{Sk} \geq F_C$

$$\underline{\underline{4344,23 \text{ N} \geq 3493,69 \text{ N}}} \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

3.1.3 Kontrola píště na vzpěr

Moment setrvačnosti

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$$

$$J = \frac{\pi \cdot 0,025^4}{64}$$

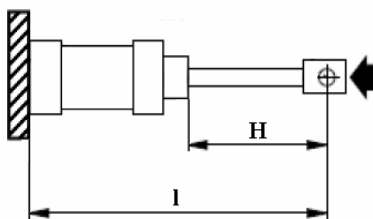
$$J = 1,9175 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$$

Redukovaná délka

$$l_{red} = 0,5 \cdot l$$

$$l_{red} = 0,5 \cdot 0,8$$

$$l_{red} = 0,4 \text{ m}$$



Kritická síla

$$F_{KR} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{l_{red}^2}$$

$$F_{KR} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 1,917 \cdot 10^{-8}}{0,4^2}$$

$$F_{KR} = 248325,4 \text{ N}$$



Modul pružnosti oceli v tahu... $E = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$

Přípustná kritická síla

$$F_{KR\text{dov}} = \frac{F_{KR}}{\nu}$$

$$F_{KR\text{dov}} = \frac{248325,4}{5}$$

$$F_{KR\text{dov}} = 49665,08 \text{ N}$$



Součinitel bezpečnosti... $\nu = 3,5 \div 10 \Rightarrow$ volím $\nu = 5$

$$\text{Musí platit: } F_{KR\text{dov}} \geq F_C \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

$$\underline{\underline{49665,08 \text{ N} \geq 3493,69 \text{ N}}}$$

Kontrola na mezní případ vzpěru v konečné poloze

$$F_{SK \max} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p_p$$

$$F_{SK \max} = \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} \cdot 0,6 \cdot 10^6$$

$$\underline{\underline{F_{SK \max} = 4712,39 \text{ N}}}$$

Musí platit: $F_{KR \text{ dov}} \geq F_{SK \max}$

$$\underline{\underline{49665,08 \text{ N} \geq 4712,39 \text{ N}}} \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

3.1.4 Spotřeba vzduchu na jeden pracovní cyklus**Objem vzduchu při vysouvání pístnice**

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H$$

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} \cdot 0,4$$

$$\underline{\underline{V_1 = 3,142 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}}$$

Objem vzduchu při zasouvání pístu

$$V_2 = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot H$$

$$V_2 = \frac{\pi}{4} \cdot (0,1^2 - 0,025^2) \cdot 0,4$$

$$\underline{\underline{V_2 = 2,945 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}}$$

Celkový objem vzduchu na jeden pracovní cyklus

$$V_C = V_1 + V_2$$

$$V_C = 3,142 \cdot 10^{-3} + 2,945 \cdot 10^{-3}$$

$$\underline{\underline{V_C = 6,087 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}}$$

Celkový objem vzduchu na jeden pracovní cyklus přepočtený na normální stav

$$V_{CN} = V_C \cdot \frac{p_{1 \text{ abs}}}{p_N}$$

$$V_{CN} = 6,087 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,7}{0,1}$$

$$\underline{\underline{V_{CN} = 42,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}}$$

Střední spotřeba vzduchu během jednoho pracovního cyklu***Čas pracovního cyklu***

$$Q_{STR} = \frac{V_{CN}}{t_C}$$

$$t_C = \frac{2 \cdot H}{v}$$

$$Q_{STR} = \frac{42,6 \cdot 10^{-3}}{5,33}$$

$$t_C = \frac{2 \cdot 0,4}{0,15}$$

$$Q_{STR} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \Rightarrow \underline{Q_{STR} = 480 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}}$$

$$\underline{t_C = 5,33 \text{ s}}$$

3.1.5 Dynamika pohonu

Rychlost pohybu válce

$$v = \frac{2 \cdot H}{t_C}$$

$$v = \frac{2 \cdot 0,4}{5,33}$$

$$\underline{v = 0,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

Ustálená rychlost pohybu válce

$$v_u = \frac{H}{0,5 \cdot t_r + t_u + 0,5 \cdot t_b}$$

$$v_u = \frac{0,4}{0,5 \cdot 0,2 + 2,265 + 0,5 \cdot 0,2}$$

$$\underline{v_u = 0,16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$



Zvolená hodnota doby rozběhu a brzdění $t_r = t_b = 0,2 \text{ s}$.

$$t_u = \frac{t_C}{2} - t_r - t_b$$

Pak platí: $t_u = \frac{5,33}{2} - 0,2 - 0,2$

$$\underline{t_u = 2,265 \text{ s}}$$

Zrychlení a zpoždění při rozběhu a brzdění

$$a = \frac{v_u}{t_r}$$

$$a = \frac{0,16}{0,2}$$

$$\underline{a = 0,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}$$

Tlakový spád potřebný pro rozběh

$$\Delta p_a = \frac{m \cdot a}{S}$$

$$\Delta p_a = \frac{286,4 \cdot 0,8}{\frac{\pi \cdot 0,1^2}{4}}$$

$$\underline{\underline{\Delta p_a = 0,029 \cdot 10^6 \text{ Pa}}}$$

Vlastní frekvence pneumomotoru

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{c}{m}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{1,787 \cdot 10^4}{286,4}}$$

$$\underline{\underline{f_0 = 1,25 \text{ Hz}}}$$

kde:

$$c = \frac{K \cdot S^2}{V}$$

$$c = \frac{K \cdot S^2}{S \cdot H} = \frac{K \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}}{H}$$

$$c = \frac{9,1 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4}}{0,4}$$

$$\underline{\underline{c = 1,787 \cdot 10^4 \text{ Pa} \cdot \text{m}}}$$



Modul objemové pružnosti K je dán vztahem $K = n \cdot p_{1abs}$, při předpokladu polytropické komprese ($n = 1,3$) a při pracovním tlaku $0,6 \text{ MPa} = 0,7 \text{ MPa}_{abs}$.

$$K = n \cdot p_{1abs}$$

$$K = 1,3 \cdot 0,7 \cdot 10^6$$

$$\underline{\underline{K = 9,1 \cdot 10^5 \text{ Pa}}}$$

Vlastní úhlová rychlost

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f_0$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 1,25$$

$$\underline{\underline{\omega = 7,854 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}}}$$

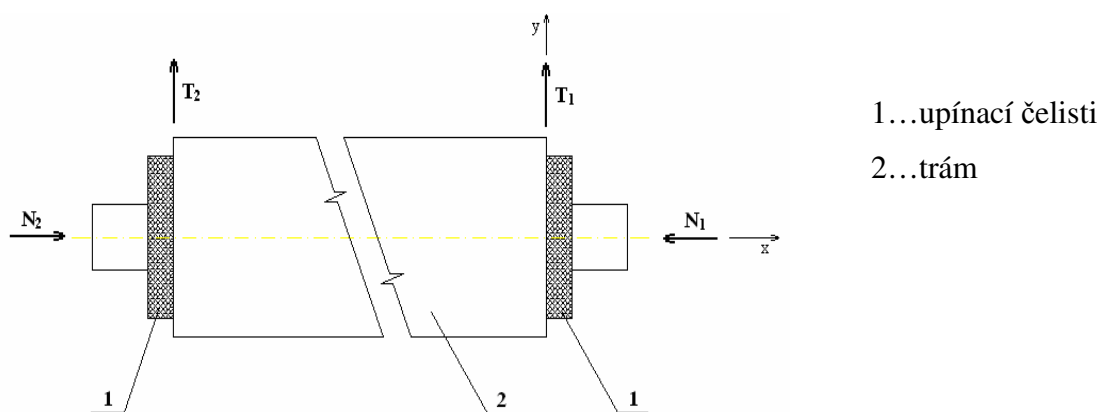
3.2 Výpočet parametrů přímočarého pneumomotoru 2.0

Pneumomotor 2.0 provede upnutí trámu při jeho otáčení.

Při upnutí trámu mezi čelisti vzniká v místech dotyku tření (třecí síla). Tuto třecí sílu musím zohlednit při návrhu pneumomotoru. Čelisti jsou vyrobeny z oceli → součinitel tření ocel-dřevo $f_o = 0,4$.

Statický výpočet

V místě dotyku trámu a upínacích čelisti byly zavedeny 2 normálové síly a 2 třecí síly. Směr třecích sil byl zvolen proti směru předpokládaného pohybu trámu. Rovněž uvažujeme tíhovou sílu trámu.



Obr. 3.2.1 Schématické znázornění sil v místech dotyku trámu a čelisti

Rovnice rovnováhy

$$\Sigma F_x = 0 : N_2 - N_1 = 0$$

$$\Sigma F_y = 0 : T_1 + T_2 - m \cdot g = 0$$

$$N_1 = N_2$$

$$f_o \cdot N_1 + f_o \cdot N_2 = m \cdot g$$

$$2 \cdot f_o \cdot N_{1,2} = m \cdot g$$

$$N_{1,2} = \frac{m \cdot g}{2 \cdot f_o}$$

$$N_{1,2} = \frac{86,4 \cdot 10}{2 \cdot 0,4}$$

$$\underline{\underline{N_{1,2} = 1080 \text{ N}}}$$

Dále platí:

$$\begin{aligned} T_1 &= f_o \cdot N_1 \\ T_2 &= f_o \cdot N_2 \end{aligned}$$



Pro získání skutečné normálové síly, vynásobíme teoretickou normálovou sílu hodnotou bezpečností, kterou volím $k = 4$.

$$N_{SK} = N_{1,2} \cdot k$$

$$N_{SK} = 1080 \cdot 4$$

$$\underline{\underline{N_{SK} = 4320 \text{ N}}}$$

3.2.1 Návrh průměru pístu

Počáteční podmínky

- pracovní tlak i přetlak jsou rovny: $p_1 = p_p = 0,6 \text{ MPa}$
- tlak pro výfuk do rozváděče volím: $p_2 = 0,05 \text{ MPa}$

Plocha pístu

$$S_1 = \frac{N_{SK}}{p_1}$$

$$S_1 = \frac{4320}{0,6 \cdot 10^6}$$

$$\underline{\underline{S_1 = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2}}$$

Průměr pístu

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S_1}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,2 \cdot 10^{-3}}{\pi}}$$

$$D = 0,096 \text{ m} \Rightarrow \underline{\underline{D = 96 \text{ mm}}}$$

Z katalogu firmy Festo volím pneumomotor: **DNC-100-80-PPV-A**

- dvojitý, s nastavitelným tlumením koncových poloh a možností snímání krajních poloh
 - průměr pístu $\phi D = 100 \text{ mm}$
 - průměr pístnice $\phi d = 25 \text{ mm}$



Obr. 3.2.2

Skutečná síla

$$F_{Sk} = p_1 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} - p_2 \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}$$

$$F_{SK} = 0,6 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} - 0,05 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi \cdot (0,1^2 - 0,025^2)}{4}$$

$$\underline{\underline{F_{SK} = 4344,23 \text{ N}}}$$

Kontrola pneumomotoru: $F_{SK} \geq N_{SK}$
 $\underline{\underline{4344,23 \text{ N} \geq 4320 \text{ N}}} \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$

3.2.2 Kontrola pístnice na vzpěr**Moment setrvačnosti**

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$$

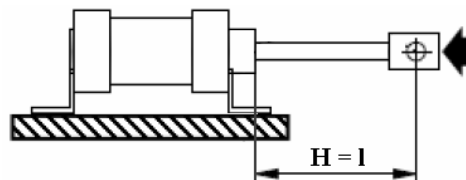
$$J = \frac{\pi \cdot 0,025^4}{64}$$

$$\underline{\underline{J = 1,917 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4}}$$

Redukovaná délka

$$l_{red} = 2 \cdot H$$

$$\underline{\underline{l_{red} = 0,16 \text{ m}}}$$

**Kritická síla**

$$F_{KR} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{l_{red}^2}$$

$$F_{KR} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 1,917 \cdot 10^{-8}}{0,16^2}$$

$$\underline{\underline{F_{KR} = 15,52 \cdot 10^5 \text{ N}}}$$



Modul pružnosti oceli v tahu... $E = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$

Připustná kritická síla

$$F_{KR\,dov} = \frac{F_{KR}}{\nu}$$

$$F_{KR\,dov} = \frac{15,52 \cdot 10^5}{5}$$

$$\underline{\underline{F_{KR\,dov} = 3,1 \cdot 10^5 \text{ N}}}$$



Součinitel bezpečnosti... $\nu = 3,5 \div 10 \Rightarrow$ volím $\nu = 5$

Musí platit: $F_{KR\,dov} \geq N_{SK}$

$$\underline{\underline{3,1 \cdot 10^5 \text{ N} \geq 4320 \text{ N}}} \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

Kontrola na mezní případ vzpěru v konečné poloze

$$F_{SK\,\max} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p_p$$

$$F_{SK\,\max} = \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} \cdot 0,6 \cdot 10^6$$

$$\underline{\underline{F_{SK\,\max} = 4712,38 \text{ N}}}$$

Musí platit: $F_{KR\,dov} \geq F_{SK\,\max}$

$$\underline{\underline{3,1 \cdot 10^5 \text{ N} \geq 4712,38 \text{ N}}} \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

3.2.3 Spotřeba vzduchu na jeden pracovní cyklus**Objem vzduchu při vysouvání pístnice**

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H$$

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} \cdot 0,08$$

$$\underline{\underline{V_1 = 6,283 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3}}$$

Objem vzduchu při zasouvání pístu

$$V_2 = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot H$$

$$V_2 = \frac{\pi}{4} \cdot (0,1^2 - 0,025^2) \cdot 0,08$$

$$\underline{\underline{V_2 = 5,89 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3}}$$

Celkový objem vzduchu na jeden pracovní cyklus

$$V_C = V_1 + V_2$$

$$V_C = 6,283 \cdot 10^{-4} + 5,89 \cdot 10^{-4}$$

$$\underline{V_C = 1,217 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}$$

Celkový objem vzduchu na jeden pracovní cyklus přepočtený na normální stav

$$V_{CN} = V_C \cdot \frac{p_{1abs}}{p_N}$$

$$V_{CN} = 1,217 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,7}{0,1}$$

$$\underline{V_{CN} = 8,521 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}$$

Střední spotřeba vzduchu během jednoho pracovního cyklu**Čas pracovního cyklu**

$$Q_{STR} = \frac{V_{CN}}{t_C}$$

$$t_C = \frac{2 \cdot H}{v}$$

$$Q_{STR} = \frac{8,521 \cdot 10^{-3}}{1,6}$$

$$t_C = \frac{2 \cdot 0,08}{0,1}$$

$$Q_{STR} = 5,325 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \Rightarrow \underline{Q_{STR} = 320 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}}$$

$$\underline{t_C = 1,6 \text{ s}}$$

3.2.4 Dynamika pohonu**Rychlost pohybu válce****Ustálená rychlost pohybu válce**

$$v = \frac{2 \cdot H}{t_C}$$

$$v_u = \frac{H}{0,5 \cdot t_r + t_u + 0,5 \cdot t_b}$$

$$v = \frac{2 \cdot 0,08}{1,6}$$

$$v_u = \frac{0,08}{0,5 \cdot 0,05 + 0,7 + 0,5 \cdot 0,05}$$

$$\underline{v = 0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

$$\underline{v_u = 0,106 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$



Zvolená hodnota doby rozběhu a brzdění $t_r = t_b = 0,05 \text{ s}$

$$t_u = \frac{t_C}{2} - t_r - t_b$$

Pak platí: $t_u = \frac{1,6}{2} - 0,05 - 0,05$

$$\underline{t_u = 0,7 \text{ s}}$$

Zrychlení a zpoždění při rozběhu a brzdění

$$a = \frac{v_u}{t_r}$$

$$a = \frac{0,106}{0,05}$$

$$\underline{a = 2,12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}$$

Tlakový spád potřebný pro rozběh

$$\Delta p_a = \frac{m \cdot a}{S}$$

$$\Delta p_a = \frac{86,4 \cdot 2,12}{\frac{\pi \cdot 0,1^2}{4}}$$

$$\underline{\Delta p_a = 0,023 \cdot 10^6 \text{ Pa}}$$

Vlastní frekvence pneumomotoru

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{c}{m}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{8,93 \cdot 10^4}{86,4}}$$

$$\underline{\underline{f_0 = 5,1 \text{ Hz}}}$$

kde:

$$c = \frac{K \cdot S^2}{V}$$

$$c = \frac{K \cdot S^2}{S \cdot H} = \frac{K \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}}{H}$$

$$c = \frac{9,1 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4}}{0,08}$$

$$\underline{c = 8,931 \cdot 10^4 \text{ Pa} \cdot \text{m}}$$



Modul objemové pružnosti K je dán vztahem $K = n \cdot p_{1abs}$, při předpokladu polytropické komprese ($n = 1,3$) a při pracovním tlaku $0,6 \text{ MPa} = 0,7 \text{ MPa}_{abs}$.

$$K = n \cdot p_{1abs}$$

$$K = 1,3 \cdot 0,7 \cdot 10^6$$

$$\underline{K = 9,1 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

Vlastní úhlová rychlost

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f_0$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 5,1$$

$$\underline{\underline{\omega = 32 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}}}$$

3.3 Výpočet parametrů kyvného pneumomotoru 3.0

Pneumomotor 3.0 zajišťuje pootočení trámu o úhel 90° .

Pro tento pohon použijí kyvný pneumomotor pro bezdotykové snímání, s nastavitelným tlumením v koncových polohách a převodem ozubenými koly s vymezením vůlí. V kyvných pohonech DRQ je přímočarý pohyb válce převeden na kyvný pohyb prostřednictvím převodu s ozubeným hřebenem s vymezením vůlí. Přesnost se zvyšuje díky přenosu sil z ozubeného řemene na pastorek bez vůlí. Tyto pneumomotory se vyznačují rovnoměrným chodem, dlouhou životností, přenosem kroutícího momentu až 150 N.m a libovolnou polohou kyvného úhlu v rámci rozsahu kyvu.

Hmotnostní moment setrvačnosti trámu k ose rotace x

$$J_x = m \cdot \frac{a^2 + b^2}{12}$$

$$J_x = 86,4 \cdot \frac{0,2^2 + 0,2^2}{12}$$

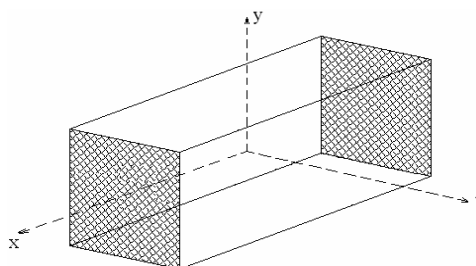
$$\underline{J_x = 0,576 \text{ kg} \cdot \text{m}^2}$$

Úhlové zrychlení

$$\alpha = \frac{\pi}{180} \cdot \frac{2 \cdot \varphi}{t^2}$$

$$\alpha = \frac{\pi}{180} \cdot \frac{2 \cdot 90}{1,5^2}$$

$$\underline{\alpha = 1,39 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}}$$



Obr. 3.3.1 Znárodnění upínacích ploch trámu

Dynamický kroutící moment

$$M_D = J_X \cdot \alpha$$


$$M_D = 0,576 \cdot 1,39$$

$$\underline{M_D = 0,8 \text{ N} \cdot \text{m}}$$

Kroutící moment na motoru

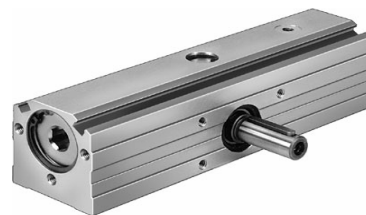
$$M_M = M_D + M_Z$$

$$\underline{\underline{M_M = 0,8 \text{ N} \cdot \text{m}}}$$

 Zátěžný moment M_Z je roven nule, protože osa trámu je při otáčení shodná s osou kyvného pneumomotoru.

Z katalogu firmy Festo volím kyvný pneumomotor: **DRQ-25-90-PPVJ-A**

- konstrukce: ozubený hřeben/pastorek
- nastavitelné tlumení koncových poloh, možnost snímání krajních poloh
 - kroutící moment na hřídeli $M = 2,5 \text{ N} \cdot \text{m}$
 - průměr pístu $\phi D = 25 \text{ mm}$
 - úhel otočení $\varphi = 90^\circ$



Obr. 3.3.2

3.3.1 Spotřeba vzduchu na jeden pracovní cyklus

Dle katalogu firmy Festo je pro pneumomotor DRQ-25-90-PPV-A spotřeba na jeden pracovní cyklus $V_1 = V_2 = 2,615 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$.

Celkový objem vzduchu na jeden pracovní cyklus

$$V_C = V_1 + V_2$$

$$V_C = 2,815 \cdot 10^{-4} + 2,815 \cdot 10^{-4}$$

$$\underline{\underline{V_C = 5,63 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3}}$$

Celkový objem vzduchu na jeden pracovní cyklus přepočtený na normální stav

$$V_{CN} = V_C \cdot \frac{p_{1abs}}{p_N}$$

$$V_{CN} = 5,63 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{0,7}{0,1}$$

$$\underline{V_{CN} = 3,941 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}$$

Střední spotřeba vzduchu během jednoho pracovního cyklu**Čas pracovního cyklu**

$$Q_{STR} = \frac{V_{CN}}{t_C}$$

$$Q_{STR} = \frac{3,941 \cdot 10^{-3}}{2,12}$$

$$Q_{STR} = 1,859 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \Rightarrow \underline{Q_{STR} = 111,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}}$$

$$t_C = \frac{2 \cdot H}{v}$$

$$t_C = \frac{2 \cdot 0,053}{0,05}$$

$$\underline{t_C = 2,12 \text{ s}}$$

Kontrola kroutícího momentu

$$\alpha = \frac{\pi}{180} \cdot \frac{2 \cdot \varphi}{t_C^2}$$

$$\alpha = \frac{\pi}{180} \cdot \frac{2 \cdot 90}{2,12^2}$$

$$\underline{\alpha = 0,7 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}}$$

$$M_D = J_X \cdot \alpha$$

$$M_D = 0,576 \cdot 0,7$$

$$\underline{M_D = M_M = 0,4 \text{ N} \cdot \text{m}}$$

Kroutící moment M_M je menší než kroutící moment na hřídeli $M \Rightarrow$ motor vyhovuje.

Rychlost pohybu válce

$$v = \frac{2 \cdot H}{t_C}$$

$$v = \frac{2 \cdot 0,053}{2,12}$$

$$\underline{v = 0,05 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

Úhlová rychlost

$$\omega = \frac{\pi}{180} \cdot \frac{2 \cdot \varphi}{t}$$

$$\omega = \frac{\pi}{180} \cdot \frac{2 \cdot 90}{2,12}$$

$$\underline{\omega = 1,48 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}}$$

3.4 Výpočet parametrů přímočarého pneumomotoru 4.0

Pneumomotor 4.0 slouží k odsunutí trámu mimo obraceč.

Počáteční podmínky

- pracovní tlak i přetlak jsou rovny: $p_1 = p_p = 0,6 \text{ MPa}$
- tlak pro výfuk do rozváděče volím: $p_2 = 0,05 \text{ MPa}$

Síla od tíhy břemene (trámu)

$$\begin{aligned} F_B &= m \cdot g \\ F_B &= 86,4 \cdot 9,81 \\ \underline{F_B} &= \underline{847,58 \text{ N}} \end{aligned}$$

Třecí síla

$$\begin{aligned} F_T &= f_0 \cdot F_B \\ F_T &= 0,4 \cdot 847,58 \\ \underline{F_T} &= \underline{339,03 \text{ N}} \end{aligned}$$



Součinitel smykového tření ocel-dřevo $f_0 = 0,4$

Setrvačná síla (D'Alembertova síla)

$$\begin{aligned} F_S &= m \cdot a \\ F_S &= m \cdot \frac{v^2}{2 \cdot h_d} \\ F_S &= 86,4 \cdot \frac{0,19^2}{2 \cdot 0,021} \\ \underline{F_S} &= \underline{74,26 \text{ N}} \end{aligned}$$

$$a = \frac{v}{t} = \frac{v^2}{2 \cdot h_d}$$

Odpor těsnění

$$\begin{aligned} R_o &= a_1 \cdot F_T \\ R_o &= 0,2 \cdot 339,03 \\ \underline{R_o} &= \underline{67,81 \text{ N}} \end{aligned}$$



Součinitel tření těsnění pístu a_1 se volí v rozmezí $a_1 = 0,1 \div 0,3 \Rightarrow$ volím $a_1 = 0,2$

Celková zatěžující síla

$$\begin{aligned} F_C &= F_T + F_S + R_o \\ F_C &= 339,03 + 74,26 + 67,81 \\ \underline{\underline{F_C}} &= \underline{\underline{481,1 \text{ N}}} \end{aligned}$$

3.4.1 Návrh průměru pístu

Plocha pístu

$$S_1 = \frac{F_C}{p_1}$$

$$S_1 = \frac{481,1}{0,6 \cdot 10^6}$$

$$\underline{S_1 = 8,018 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

Průměr pístu

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S_1}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,018 \cdot 10^{-4}}{\pi}}$$

$$D = 0,032 \text{ m} \Rightarrow \underline{D = 32 \text{ mm}}$$

Z katalogu firmy Festo volím pneumomotor: **DNG-40-800-PPV-A**

- dvojitý, s nastavitelným tlumením koncových poloh a bezdotykovým snímáním krajních poloh
- průměr pístu $\phi D = 40 \text{ mm}$
- průměr pístnice $\phi d = 16 \text{ mm}$



Obr. 3.4.1

Skutečná síla

$$F_{Sk} = p_1 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} - p_2 \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}$$

$$F_{Sk} = 0,6 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi \cdot 0,04^2}{4} - 0,05 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi \cdot (0,04^2 - 0,016^2)}{4}$$

$$\underline{\underline{F_{Sk} = 701,22 \text{ N}}}$$

Kontrola pneumomotoru: $F_{Sk} \geq F_C$
 $\underline{\underline{701,22 \text{ N} \geq 481,1 \text{ N}}} \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$

3.4.2 Kontrola průhybu pístnice

Z důvodů velkého zdvihu válce $H = 800$ mm a umístěného přípravku na konci pístnice (přípravek slouží k odsunutí trámu mimo obraceč), musím zajistit, aby nedošlo k prohnutí pístnice.

Průhyb pístnice

$$y_{\max} = \frac{G \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I}$$

$$y_{\max} = \frac{98,1 \cdot 0,8^3}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot \frac{\pi \cdot 0,016^4}{64}}$$

$$\underline{y_{\max} = 0,0247 \text{ m}}$$

Vypočtená hodnota průhybu je poměrně velká. Mohlo by dojít ke vzpříčení pístnice a omezení jejího pohybu. Z toho důvodu je nutné průhybu zabránit. Možností jak průhybu zabránit je použití vodících tyčí (viz. Obr. 2.1.1).

3.4.3 Kontrola pístnice na vzpěr

Moment setrvačnosti

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$$

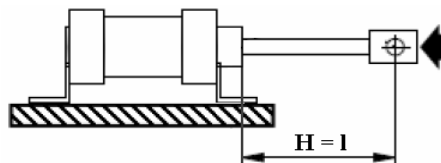
$$J = \frac{\pi \cdot 0,016^4}{64}$$

$$\underline{J = 3,217 \cdot 10^{-9} \text{ m}^4}$$

Redukovaná délka

$$l_{\text{red}} = 2 \cdot H$$

$$\underline{l_{\text{red}} = 1,6 \text{ m}}$$



Kritická síla

$$F_{KR} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{4 \cdot l_{\text{red}}^2}$$

$$F_{KR} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 3,217 \cdot 10^{-9}}{1,6^2}$$

$$\underline{\underline{F_{KR} = 2604,53 \text{ N}}}$$

Přípustná kritická síla

$$F_{KR\,dov} = \frac{F_{KR}}{\nu}$$

$$F_{KR\,dov} = \frac{2604,53}{5}$$

$$\underline{\underline{F_{KR\,dov} = 520,9\,N}}$$



Součinitel bezpečnosti... $\nu = 3,5 \div 10 \Rightarrow$ volím $\nu = 5$

Musí platit: $F_{KR\,dov} \geq F_C$

$$\underline{\underline{520,9\,N \geq 481,1\,N}} \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

3.4.4 Spotřeba vzduchu na jeden pracovní cyklus**Objem vzduchu při vysouvání pístnice**

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H$$

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 0,04^2}{4} \cdot 0,8$$

$$\underline{\underline{V_1 = 1 \cdot 10^{-3}\,m^3}}$$

Objem vzduchu při zasouvání pístu

$$V_2 = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot H$$

$$V_2 = \frac{\pi}{4} \cdot (0,04^2 - 0,016^2) \cdot 0,8$$

$$\underline{\underline{V_2 = 8,44 \cdot 10^{-4}\,m^3}}$$

Celkový objem vzduchu na jeden pracovní cyklus

$$V_C = V_1 + V_2$$

$$V_C = 1 \cdot 10^{-3} + 8,44 \cdot 10^{-4}$$

$$\underline{\underline{V_C = 1,844 \cdot 10^{-3}\,m^3}}$$

Celkový objem vzduchu na jeden pracovní cyklus přepočtený na normální stav

$$V_{CN} = V_C \cdot \frac{p_{1abs}}{p_N}$$

$$V_{CN} = 1,844 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,7}{0,1}$$

$$\underline{V_{CN} = 12,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}$$

Střední spotřeba vzduchu během jednoho pracovního cyklu

Čas pracovního cyklu

$$Q_{STR} = \frac{V_{CN}}{t_C}$$

$$Q_{STR} = \frac{12,9 \cdot 10^{-3}}{10,66}$$

$$Q_{STR} = 1,21 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \Rightarrow \underline{Q_{STR} = 72,6 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}}$$

$$t_C = \frac{2 \cdot H}{v}$$

$$t_C = \frac{2 \cdot 0,8}{0,15}$$

$$\underline{t_C = 10,66 \text{ s}}$$

3.4.5 Dynamika pohonu

Rychlost pohybu válce

$$v = \frac{2 \cdot H}{t_C}$$

$$v = \frac{2 \cdot 0,8}{10,66}$$

$$\underline{v = 0,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

Ustálená rychlost pohybu válce

$$v_u = \frac{H}{0,5 \cdot t_r + t_u + 0,5 \cdot t_b}$$

$$v_u = \frac{0,8}{0,5 \cdot 1,2 + 2,93 + 0,5 \cdot 1,2}$$

$$\underline{v_u = 0,19 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$



Zvolená hodnota doby rozběhu a brzdění $t_r = t_b = 1,2 \text{ s}$

$$t_u = \frac{t_C}{2} - t_r - t_b$$

Pak platí: $t_u = \frac{10,66}{2} - 1,2 - 1,2$

$$\underline{t_u = 2,93 \text{ s}}$$

Zrychlení a zpoždění při rozběhu a brzdění

$$a = \frac{v_u}{t_r}$$

$$a = \frac{0,19}{1,2}$$

$$\underline{a = 0,16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}$$

Tlakový spád potřebný pro rozběh

$$\Delta p_a = \frac{m \cdot a}{S}$$

$$\Delta p_a = \frac{86,4 \cdot 0,16}{\frac{\pi \cdot 0,04^2}{4}}$$

$$\underline{\Delta p_a = 0,01 \cdot 10^6 \text{ Pa}}$$

Vlastní frekvence pneumomotoru

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{c}{m}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{1,429 \cdot 10^3}{86,4}}$$

$$\underline{\underline{f_0 = 0,65 \text{ Hz}}}$$

kde:

$$c = \frac{K \cdot S^2}{V}$$

$$c = \frac{K \cdot S^2}{S \cdot H} = \frac{K \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}}{H}$$

$$c = \frac{9,1 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 0,04^2}{4}}{0,8}$$

$$\underline{c = 1,429 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{m}}$$



Modul objemové pružnosti K je dán vztahem $K = n \cdot p_{1abs}$, při předpokladu polytropické komprese ($n = 1,3$) a při pracovním tlaku $0,6 \text{ MPa} = 0,7 \text{ MPa}_{abs}$.

$$K = n \cdot p_{1abs}$$

$$K = 1,3 \cdot 0,7 \cdot 10^6$$

$$\underline{K = 9,1 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

Vlastní úhlová rychlost

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f_0$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 0,65$$

$$\underline{\underline{\omega = 4,08 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}}}$$

3.5 Výpočet průtokové propustnosti pneumatického obvodu

Smyslem tohoto výpočtu je zjistit průtokovou propustnost pneumatického obvodu, který má mezi zdrojem tlaku (přípojně místo na vedení stlačeného vzduchu) a pracovním prvkem – pneumomotorem, řadu řídicích a jiných prvků.

Výpočet bude řešen metodou ekvivalentního (náhradního) průtoku, kde platí:

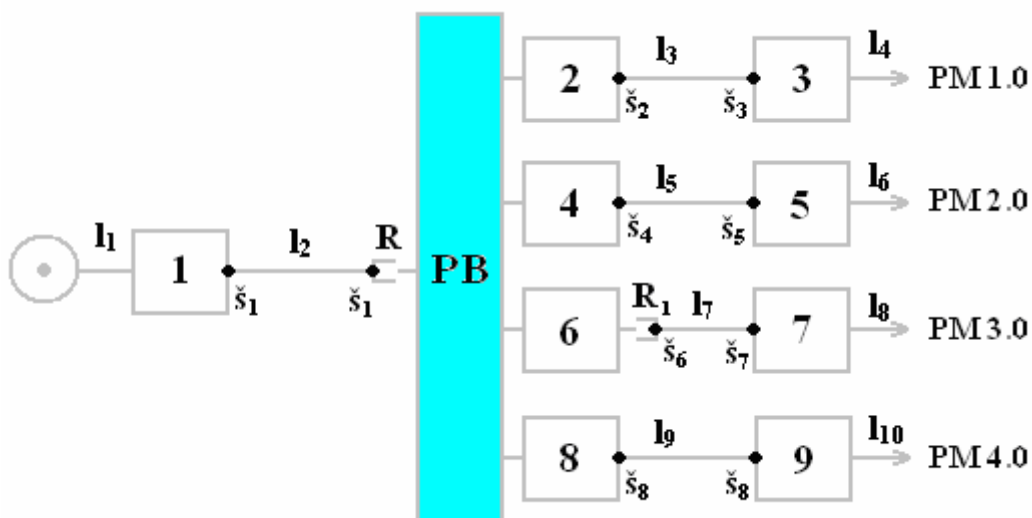
- ekvivalentní průtok pro sériové řazení prvků

$$Q_{Ne} = \sqrt{\frac{1}{\sum_1^i \frac{1}{Q_{Ni}^2}}}$$

- ekvivalentní průtok pro paralelní řazení prvků

$$Q_{Ne} = \sum_1^i Q_{Ni}$$

V obvodu nebudou při zanedbání přechodových jevů žádné současné (paralelní) pohyby pneumomotorů. Jednotlivé prvky obvodu jsou řazeny sériově = kontrola každé větve obvodu separátně.

Celkové zapojení pneumatického obvodu**Obr. 3.5.1** Schéma zapojení prvků v obvodu pro výpočet průtokové propustnosti**3.5.1 Výpočet průtokové propustnosti větve s pneumomotorem 1.0****Průtok vzduchu motorem**

$$Q_1 = S_1 \cdot v_u$$

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v_u$$

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} \cdot 0,16$$

$$\underline{Q_1 = 1,256 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}}$$

$$Q_2 = S_2 \cdot v_u$$

$$Q_2 = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot v_u$$

$$Q_2 = \frac{\pi \cdot (0,1^2 - 0,025^2)}{4} \cdot 0,16$$

$$\underline{Q_2 = 1,178 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}}$$

Průtok vzduchu motorem přepočtený na normální podmínky

$$Q_{1N} = Q_1 \cdot \frac{p_{1abs}}{p_N}$$

$$Q_{1N} = 1,256 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,7 \cdot 10^6}{0,1 \cdot 10^6}$$

$$Q_{1N} = 8,792 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \Rightarrow \underline{Q_{1N} = 527,5 \text{ l}_N \cdot \text{min}^{-1}}$$

Návrh průměru hadice k pneumomotoru

$$Q_1 = S_v \cdot v_v$$

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot d_v^2}{4} \cdot v_v$$

$$d_v = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot v_v}}$$

$$d_v = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,256 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 20}}$$

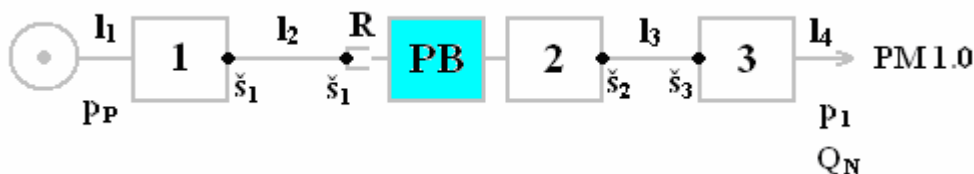
$$d_v = 0,00894 \text{ m}$$

Z katalogu firmy Festo volím plastovou hadici: **PUN-10x1,5-SW**

- Vysoce ohebná hadice z plastu
 - vnější průměr $\phi D_H = 10 \text{ mm}$
 - vnitřní průměr $\phi d_H = 7 \text{ mm}$
 - poloměr ohybu $R = 54 \text{ mm}$



Obr. 3.5.2



Obr. 3.5.3 Schéma zapojení prvků větve s pneumomotorem 1.0

Seznam prvků, plastových hadic a šroubení v obvodu s pneumomotorem 1.0

Jejich popis a jmenovité normované průtoky jsou uvedeny v tabulkách 2, 3, 4.

Prvek	Typ	Q_{Ni} [dm ³ _N ·min ⁻¹]
1	Úpravná jednotka FRC-3/8-D-5M-MIDI-A	1700
2	5/2 rozváděč MFH-5-1/4-B	1300
3	Škrťací ventil GRLA-1/2- B	1750

Tab. 2 Prvky v obvodu

Prvek	Typ	Q_{Ni} [dm ³ _N ·min ⁻¹]	ks
š ₁	Šroubení QS-F-G3/8-8	2100	2
š ₂	Šroubení QS-F-G1/4-10	3700	1
š ₃	Šroubení QS-F-G1/2-10	5850	1
R	Redukce D-3/8I-1/2A	5850	1

Tab. 3 Šroubení v obvodu

Prvek	Typ	Q_{Ni} [dm ³ _N ·min ⁻¹]	l [m]
l ₂	Hadice PUN-8x1,25-SW	1300	1,5
l ₃	Hadice PUN-10x1,5-SW	1500	2,5
l ₁ = l ₄ = 0			

Tab. 4 Plastové hadice v obvodu

Výpočet ekvivalentního průtoku větve s pneumomotorem 1.0

$$Q_{Nne} = \sqrt{\frac{1}{\sum_{a=1}^i \frac{1}{Q_{Nn}^2}}}$$

$$Q_{Nne} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{1700^2} + \frac{1}{1300^2} + \frac{1}{1750^2} + \frac{2}{2100^2} + \frac{1}{3700^2} + \frac{2}{5850^2} + \frac{1}{1300^2} + \frac{1}{1500^2}}}$$

$$\underline{\underline{Q_{Nne} = 588,7 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}}}$$



Pro správnou volbu velikosti prvků musí být splněna podmínka:

$$Q_{Nne} \geq Q_{1N}$$

$$\underline{\underline{588,7 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \geq 527,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}}} \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

3.5.2 Výpočet průtokové propustnosti větve s pneumomotorem 2.0

Průtok vzduchu motorem

$$Q_1 = S_1 \cdot v_u$$

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v_u$$

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} \cdot 0,1$$

$$\underline{Q_1 = 7,85 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}}$$

$$Q_2 = S_2 \cdot v_u$$

$$Q_2 = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot v_u$$

$$Q_2 = \frac{\pi \cdot (0,1^2 - 0,025^2)}{4} \cdot 0,1$$

$$\underline{Q_2 = 7,36 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}}$$

Průtok vzduchu motorem přepočtený na normální podmínky

$$Q_{1N} = Q_1 \cdot \frac{P_{1abs}}{P_N}$$

$$Q_{1N} = 7,85 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{0,7 \cdot 10^6}{0,1 \cdot 10^6}$$

$$Q_{1N} = 5,495 \cdot 10^{-3} \text{ m}_N^3 \cdot \text{s}^{-1} \Rightarrow \underline{Q_{1N} = 329,7 \text{ l}_N \cdot \text{min}^{-1}}$$

Návrh průměru hadice k pneumomotoru

$$Q_1 = S_v \cdot v_v$$

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot d_v^2}{4} \cdot v_v$$

$$d_v = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot v_v}}$$

$$d_v = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,85 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 20}}$$

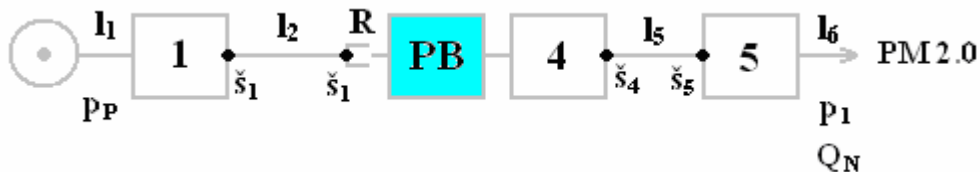
$$\underline{\underline{d_v = 0,00707 \text{ m}}}$$

Z katalogu firmy Festo volím plastovou hadici: **PUN-10x1,5-SW**

- Vysoce ohebná hadice z plastu
 - vnější průměr $\phi D_H = 10 \text{ mm}$
 - vnitřní průměr $\phi d_H = 7 \text{ mm}$
 - poloměr ohybu $R = 54 \text{ mm}$



Obr. 3.5.4



Obr. 3.5.5 Schéma zapojení prvků větve s pneumomotorem 2.0

Seznam prvků, plastových hadic a šroubení v obvodu s pneumomotorem 2.0

Jejich popis a jmenovité normované průtoky jsou uvedeny v tabulkách 5, 6, 7.

Prvek	Typ	Q_{Ni} [dm ³ _N ·min ⁻¹]
1	Úpravná jednotka FRC-3/8-D-5M-MIDI-A	1700
4	5/2 rozváděč MFH-5-1/4-B	1300
5	Škrťací ventil GRLA-1/2 -B	1750

Tab. 5 Prvky v obvodu

Prvek	Typ	Q_{Ni} [dm ³ _N ·min ⁻¹]	ks
š ₁	Šroubení QS-F-G3/8-8	2100	2
š ₄	Šroubení QS-F-G1/4-10	2800	1
š ₅	Šroubení QS-F-G1/2-10	3700	1
R	Redukce D-3/8I-1/2A	5850	1

Tab. 6 Šroubení v obvodu

Prvek	Typ	Q_{Ni} [dm ³ _N ·min ⁻¹]	l [m]
l ₂	Hadice PUN-8x1,25-SW	1300	1,5
l ₅	Hadice PUN-10x1,5-SW	1500	1
l ₁ = l ₆ = 0			

Tab. 7 Plastové hadice v obvodu

Výpočet ekvivalentního průtoku větve s pneumomotorem 2.0

$$Q_{Nne} = \sqrt{\frac{1}{\sum_{a=1}^i \frac{1}{Q_{Na}^2}}}$$

$$Q_{Nne} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{1700^2} + \frac{1}{1300^2} + \frac{1}{1750^2} + \frac{2}{2100^2} + \frac{1}{2800^2} + \frac{1}{3700^2} + \frac{1}{5850^2} + \frac{1}{1300^2} + \frac{1}{1500^2}}}$$

$$\underline{\underline{Q_{Nne} = 578,9 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}}}$$



Pro správnou volbu velikosti prvků musí být splněna podmínka:

$$Q_{Nne} \geq Q_{1N}$$

$$\underline{\underline{578,9 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \geq 329,7 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}}} \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

3.5.3 Výpočet průtokové propustnosti větve s pneumomotorem 3.0**Průtok vzduchu motorem**

$$Q_1 = Q_2 = S_1 \cdot v$$

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v$$

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot 0,025^2}{4} \cdot 0,05$$

$$\underline{\underline{Q_1 = 2,45 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}}}$$

Průtok vzduchu motorem přepočtený na normální podmínky

$$Q_{1N} = Q_1 \cdot \frac{p_{1abs}}{p_N}$$

$$Q_{1N} = 2,45 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0,7 \cdot 10^6}{0,1 \cdot 10^6}$$

$$Q_{1N} = 1,715 \cdot 10^{-4} \text{ m}_N^3 \cdot \text{s}^{-1} \Rightarrow \underline{\underline{Q_{1N} = 10,3 \text{ l}_N \cdot \text{min}^{-1}}}$$

Návrh průměru hadice k pneumomotoru

$$Q_1 = S_v \cdot v_v$$

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot d_v^2}{4} \cdot v_v$$

$$d_v = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot v_v}}$$

$$d_v = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,715 \cdot 10^{-5}}{\pi \cdot 20}}$$

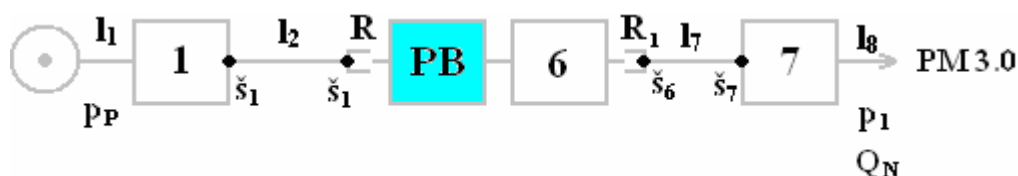
$$\underline{\underline{d_v = 0,00104 \text{ m}}}$$

Z katalogu firmy Festo volím plastovou hadici: **PUN-4x0,75-SW**

- Vysoce ohebná hadice z plastu
 - vnější průměr $\phi D_H = 4 \text{ mm}$
 - vnitřní průměr $\phi d_H = 2,6 \text{ mm}$
 - poloměr ohybu $R = 17 \text{ mm}$



Obr.3.5.6



Obr. 3.5.7 Schéma zapojení prvků větve s pneumomotorem 3.0

Seznam prvků, plastových hadic a šroubení v obvodu s pneumomotorem 3.0

Jejich popis a jmenovité normované průtoky jsou uvedeny v tabulkách 8, 9, 10.

Prvek	Typ	Q_{Ni} [dm ³ _N ·min ⁻¹]
1	Úpravná jednotka FRC-3/8-D-5M-MIDI-A	1700
6	5/2 rozváděč MFH-5-1/4-B	1300
7	Škrťací ventil GRLA-M5-B	90

Tab. 8 Prvky v obvodu

Prvek	Typ	Q_{Ni} [dm ³ _N ·min ⁻¹]	ks
š ₁	Šroubení QS-F-G3/8-8	2100	2
š ₆	Šroubení QS-F-G1/8-4	367	1
š ₇	Šroubení QS-F-M5-4	367	1
R	Redukce D-3/8I-1/2A	5850	1
R ₁	Redukce D-1/8I-1/4A	2100	1

Tab. 9 Šroubení v obvodu

Prvek	Typ	Q_{Ni} [dm ³ _N ·min ⁻¹]	l [m]
l ₂	Hadice PUN-8x1,25-SW	1300	1,5
l ₇	Hadice PUN-4x0,75-SW	90	4
$l_1 = l_8 = 0$			

Tab. 10 Plastové hadice v obvodu

Výpočet ekvivalentního průtoku větve s pneumomotorem 3.0

$$Q_{Nne} = \sqrt{\frac{1}{\sum_{a=1}^i \frac{1}{Q_{Nn}^2}}}$$

$$Q_{Nne} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{1700^2} + \frac{2}{90^2} + \frac{3}{2100^2} + \frac{2}{367^2} + \frac{1}{5850^2} + \frac{2}{1300^2}}}$$

$$\underline{\underline{Q_{Nne} = 61,4 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}}}$$



Pro správnou volbu velikosti prvků musí být splněna podmínka:

$$\underline{\underline{Q_{Nne} \geq Q_{1N}}} \quad \Rightarrow \quad \underline{\underline{61,4 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \geq 10,3 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}}} \quad \Rightarrow \quad \text{Vyhovuje!}$$

3.5.4 Výpočet průtokové propustnosti větve s pneumomotorem 4.0

Průtok vzduchu motorem

$$Q_1 = S_1 \cdot v_u$$

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v_u$$

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot 0,04^2}{4} \cdot 0,19$$

$$\underline{Q_1 = 2,39 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}}$$

$$Q_2 = S_2 \cdot v_u$$

$$Q_2 = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot v_u$$

$$Q_2 = \frac{\pi \cdot (0,04^2 - 0,016^2)}{4} \cdot 0,1$$

$$\underline{Q_2 = 1,055 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}}$$

Průtok vzduchu motorem přepočtený na normální podmínky

$$Q_{1N} = Q_1 \cdot \frac{P_{1abs}}{P_N}$$

$$Q_{1N} = 2,39 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{0,7 \cdot 10^6}{0,1 \cdot 10^6}$$

$$Q_{1N} = 1,673 \cdot 10^{-3} \text{ m}_N^3 \cdot \text{s}^{-1} \Rightarrow \underline{Q_{1N} = 100,4 \text{ l}_N \cdot \text{min}^{-1}}$$

Návrh průměru hadice k pneumomotoru

$$Q_1 = S_v \cdot v_v$$

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot d_v^2}{4} \cdot v_v$$

$$d_v = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot v_v}}$$

$$d_v = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,39 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 20}}$$

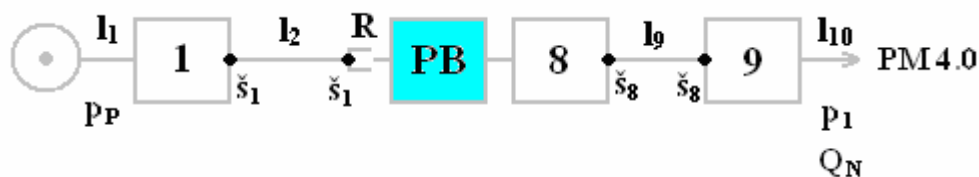
$$\underline{\underline{d_v = 0,0039 \text{ m}}}$$

Z katalogu firmy Festo volím plastovou hadici: **PUN-6x1-SW**

- Vysoce ohebná hadice z plastu
 - vnější průměr $\phi D_H = 6 \text{ mm}$
 - vnitřní průměr $\phi d_H = 4 \text{ mm}$
 - poloměr ohybu $R = 26,5 \text{ mm}$



Obr. 3.5.8



Obr. 3.5.9 Schéma zapojení prvků větve s pneumomotorem 4.0

Seznam prvků, plastových hadic a šroubení v obvodu s pneumomotorem 4.0

Jejich popis a jmenovité normované průtoky jsou uvedeny v tabulkách 11, 12, 13.

Prvek	Typ	Q_{Ni} [dm ³ _N ·min ⁻¹]
1	Úpravná jednotka FRC-3/8-D-5M-MIDI-A	1700
8	5/2 rozváděč MFH-5-1/4-B	1300
9	Škrťací ventil GRLA-1/4-B	500

Tab. 11 Prvky v obvodu

Prvek	Typ	Q_{Ni} [dm ³ _N ·min ⁻¹]	ks
š ₁	Šroubení QS-F-G3/8-8	2100	2
š ₈	Šroubení QS-F-G1/4-6	1000	2
R	Redukce D-3/8I-1/2A	5850	1

Tab. 12 Šroubení v obvodu

Prvek	Typ	Q_{Ni} [dm ³ _N ·min ⁻¹]	l [m]
l ₂	Hadice PUN-8x1,25-SW	1300	1,5
l ₉	Hadice PUN-6x1-SW	1000	2,5
$l_1 = l_{10} = 0$			

Tab. 13 Plastové hadice v obvodu

Výpočet ekvivalentního průtoku větve s pneumomotorem 4.0

$$Q_{Nne} = \sqrt{\frac{1}{\sum_{a=1}^i \frac{1}{Q_{Nn}^2}}}$$

$$Q_{Nne} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{1700^2} + \frac{1}{1300^2} + \frac{1}{500^2} + \frac{2}{2100^2} + \frac{2}{1000^2} + \frac{1}{5850^2} + \frac{1}{1300^2} + \frac{1}{1000^2}}}$$

$$\underline{\underline{Q_{Nne} = 333,1 \, l \cdot \min^{-1}}}$$



Pro správnou volbu velikosti prvků musí být splněna podmínka:

$$Q_{Nne} \geq Q_{1N}$$

$$\underline{\underline{328 \, l \cdot \min^{-1} \geq 100,4 \, l \cdot \min^{-1}}} \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

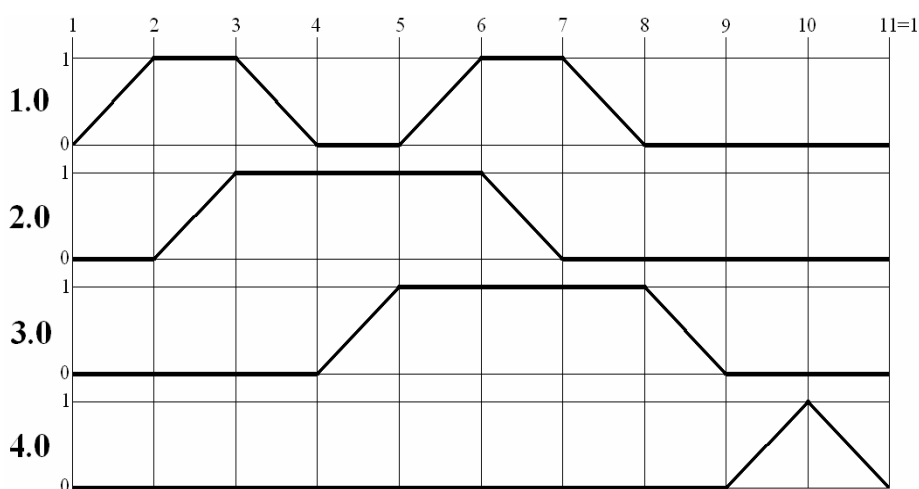
4. Návrh pneumatických obvodů

Pro řízení pneumatického mechanismu pro obracení trámů při hoblování jsem navrhl dvě varianty řešení obvodu:

- **pneumaticky řízený obvod**
- **elektropneumatický řízený obvod**

4.1 Znázornění průběhu pohybů pneumomotorů pneumatických obvodů

- *znázornění pomocí diagramu*



Obr. 4.1.1 Krokový diagram pohybů

- *zápis v chronologickém sledu*

1. Pístnice pneumomotoru 1.0 se vysune a zvedne válečkový stůl s trámem.
2. Pístnice pneumomotoru 2.0 se vysune a provede upnutí trámu (dosažení upínacího tlaku je kontrolováno).
3. Pístnice pneumomotoru 1.0 se zasune a válečkový stůl zajede do výchozí polohy.
4. Hřídel pneumomotoru 3.0 se pootočí o 90° a provede otočení trámu.
5. Pístnice pneumomotoru 1.0 se vysune a zvedne válečkový stůl.
6. Pístnice pneumomotoru 2.0 se zasune a uvolní sevřený trám.
7. Pístnice pneumomotoru 1.0 se zasune a válečkový stůl s trámem zajede do výchozí polohy.
8. Hřídel pneumomotoru 3.0 se pootočí do výchozí polohy.
9. Pístnice pneumomotoru 4.0 se vysune a odsune trám na válečkový dopravník.
10. Pístnice pneumomotoru 4.0 se zasune do výchozí polohy.

- *tabulkovým znázorněním*

Krok	PM 1.0	PM 2.0	PM 3.0	PM 4.0
1	vpřed	–	–	–
2	–	vpřed	–	–
3	zpět	–	–	–
4	–	–	vpřed	–
5	vpřed	–	–	–
6	–	zpět	–	–
7	zpět	–	–	–
8	–	–	zpět	–
9	–	–	–	vpřed
10	–	–	–	zpět

Tab. 14 Průběh pohybů pneumomotorů

4.2 Pneumatické schéma obvodu

viz. Výkres SNKIH01-2009-01

4.3 Specifikace použitých prvků v pneumatickém řízeném obvodě

- 1.0, 2.0, 4.0** přímočarý pneumatický motor dvojčinný s jednostrannou pístnicí a oboustranným nastavitelným tlumením koncových poloh.
- 3.0** kyvný pneumomotor s nastavitelným tlumením koncových poloh; převod ozubenými koly
- 1.01, 1.02, 2.01** kombinovaný regulační škrtící ventil s jednosměrným ventilem a
2.02, 3.01, 3.02 regulovaným škrcením v jednom směru
4.01, 4.02
- 1.1, 2.1, 3.1, 4.1** pěticestný dvupolohový rozváděč (5/2), bistabilní, pneumatický ovládaný
- 1.4, 1.7** logický prvek OR – třícestný jednosměrný ventil pro logickou funkci disjunkce

- 1.5** pneumatické tlakové relé, je tvořeno pojistným ventilem a třícestným dvoupolohovým rozváděčem (3/2) – monostabilním se zpětným pohybem pružinou, ovládaným přímým řízením tlaku, v klidové poloze uzavřený (NC)
- Quickstepper** sekvencer, 12-modulový taktovací řetězec
- 1.2** tlačítko START – třícestný dvoupolohový rozváděč (3/2), monostabilní se zpětným pohybem pružinou, ovládaný tlačítkem, v klidové poloze uzavřený (NC)
- 1.3, 1.6, 1.8** pneumatický koncový spínač – třícestný dvoupolohový rozváděč
2.2, 2.3, 3.2 (3/2), monostabilní se zpětným pohybem pružinou, ovládané
3.3, 4.2, 4.3 kladkou, v klidové poloze uzavřené (NC)

4.4 Popis funkce pneumaticky řízeného obvodu

Zadaná sekvence pohybu je řízená sekvencerem Quickstepper u něhož je využito 10 modulů. V klidovém stavu je poslední modul aktivován (pod tlakem). Sekvenci startujeme stlačením tlačítka rozváděče 1.2.

Po stlačení rozváděče 1.2 – tlačítka START se přivede tlakový signál na vstup X1 sekvenceru a tím je aktivován výstup A1. Tlak z tohoto výstupu jde na řídicí přípoj hlavního rozváděče 1.1. Poněvadž na řídicí přípoj je rovněž připojen výstup A5 a ten není v tuto chvíli pod tlakem, musí být propojení výstupů A1 a A5 opatřeno logickým ventilem OR 1.4. Rozváděč 1.1 se přesune a vpustí pracovní tlak do válce 1.0. Pístnice tohoto válce se začne vysouvat – zvedá se válečkový stůl s trámem. Dosáhne-li válečkový stůl koncové polohy, najede jeho vačka na kladičku rozváděče 2.2 a tlakový signál se dostane na vstup X2 sekvenceru. Tím se nejdříve odvětrá výstup A1 a ihned poté je aktivován výstup A2, propojený s řídicím přípojem rozváděče 2.1 a začne se vysouvat pístnice válce 2.0 – provádí se upínání trámu mezi přípravky (čelisti). Při upínání tlak narůstá a až dosáhne hodnoty nastavené na pojistném ventilu PV dojde k přestavení rozváděče RV, čímž se dostane tlakový signál na vstup X3 sekvenceru. Tlak z tohoto výstupu jde na řídicí přípoj hlavního rozváděče 1.1. Poněvadž na řídicí přípoj je rovněž připojen výstup A7 a ten není v tuto chvíli pod tlakem, musí být propojení výstupů A3 a A7 opatřeno logickým ventilem

OR 1.7. Rozváděč 1.1 se přesune do výchozí polohy a vpustí tlak do válce 1.0 na stranu pístnice – válečkový stůl zajíždí do výchozí polohy. Zasunutím pneumomotoru 1.0 najede jeho vačka na kladičku rozváděče 3.2 a tlakový signál se dostane na vstup X4 sekvenceru. Tlak z tohoto výstupu jde na řídicí přípoj hlavního rozváděče 3.1. Rozváděč 3.1 se přesune a začne se otáčet hřídel pneumomotoru 3.0 – provede se otočení trámu o 90°. Pootočením pneumomotoru 3.0 najede jeho vačka na kladičku rozváděče 1.6 a tlakový signál se dostane na vstup X5 sekvenceru. Tlak z tohoto výstupu jde přes logický ventil 1.4 na řídicí přípoj hlavního rozváděče 1.1. Rozváděč 1.1 se přesune a vpustí pracovní tlak do válce 1.0. Pístnice tohoto válce se znovu začne vysouvat – zvedá se válečkový stůl. Po dojetí do koncové polohy najede jeho vačka na kladičku rozváděče 2.3 a tlakový signál se dostane na vstup X6 sekvenceru. Tlak z tohoto výstupu jde na řídicí přípoj hlavního rozváděče 2.1. Rozváděč 2.1 se přesune do výchozí polohy a vpustí tlak do válce 2.0 na stranu pístnice – dojde k uvolnění sevřeného trámu.

Zasunutím pneumomotoru 2.0 najede jeho vačka na kladičku rozváděče 1.3 a tlakový signál se dostane na vstup X7 sekvenceru. Tlak z tohoto výstupu jde přes logický ventil 1.7 na řídicí přípoj hlavního rozváděče 1.1. Rozváděč 1.1 se přesune do výchozí polohy a vpustí tlak do válce 1.0 na stranu pístnice – válečkový stůl zajíždí do výchozí polohy. Zasunutím pneumomotoru 1.0 se aktivuje kladička rozváděče 3.3 a tlakový signál se dostane na vstup X8 sekvenceru. Tlak z tohoto výstupu jde na řídicí přípoj hlavního rozváděče 3.1. Rozváděč 3.1 se přesune do výchozí polohy a hřídel pneumomotoru se pootočí zpět o 90° do základní polohy. Pootočením pneumomotoru 3.0 se aktivuje kladička rozváděče 4.2 a tlakový signál se dostane na vstup X9 sekvenceru. Tlak z tohoto výstupu jde na řídicí přípoj hlavního rozváděče 4.1. Rozváděč 4.1 se přesune a vpustí pracovní tlak do válce 4.0. Pístnice tohoto válce se začne vysouvat – přípravek odsune trám na válečkový dopravník. Vysunutím pneumomotoru 4.0 se aktivuje kladička rozváděče 4.3 a tlakový signál jde přímo na řídicí přípoj hlavního rozváděče 4.1. Rozváděč 4.1 se přesune do výchozí polohy a válec 4.0 se zasouvá. Zasunutím pneumomotoru 4.0 se aktivuje kladička rozváděče 1.8 a tlakový signál se dostane na vstup X10 sekvenceru. Tlak z tohoto výstupu je přiveden na rozváděč 1.2 – tlačítko START, jako zdroj tlaku.

Tím je sekvence ukončena a sekvencer čeká na další start cyklu. Rychlost všech válců je řízena zpětnými škrťacími ventily.

4.5 Komplexní diagram pohybů a ovládání pneumatického obvodu

viz. Výkres SNKIH01-2009-04

4.6 Elektropneumatické schéma obvodu

viz. Výkres SNKIH01-2009-02

4.7 Specifikace použitých prvků v elektropneumatickém řízeném obvodě

1.0, 2.0, 4.0	přímočarý pneumatický motor dvojčinný s jednostrannou pístnicí a oboustranným nastavitelným tlumením koncových poloh; magnetické snímání koncových poloh
3.0	kyvný pneumomotor s nastavitelným tlumením koncových poloh; magnetické snímání koncových poloh; převod ozubenými koly
1.01, 1.02, 2.01 2.02, 3.01, 3.02 4.01, 4.02	kombinovaný regulační škrťací ventil s jednosměrným ventilem a regulovaným škrcením v jednom směru
1.1, 2.1, 3.1, 4.1	pěticestný dvupolohový rozváděč (5/2), monostabilní s nepřímým (elektropneumatickým) ovládaním elektromagnetem pomocí cívek O0.0, O0.1, O0.2, O0.3
S1, S2, S3 S5, S6, S7, S8	bezdotykový indukční koncový snímač (umístěny na válci, snímají polohu pístu s magnetickým prvkem)
S4	tlakový spínač
S9	spínací tlačítko (START)

4.8 Popis funkce elektropneumaticky řízeného obvodu

Z výchozí polohy čtyř pneumomotorů, kde všechny pneumomotory 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 jsou v základních polohách a mají aktivované bezdotykové indukční snímače S1, S3, S5 a S7, se po sepnutí spínacího kontaktu (tlačítka START) spustí sled pohybů podle vytvořeného programu v jazyce STL tak, aby průběh pohybů odpovídal požadovanému průběhu krokového diagramu. Sekvence je řízena programovatelným automatem E.FEC20, do kterého je nahrán z počítače řídicí program pomocí softwaru FSTFEC.

Sepnutím spínacího kontaktu S9 (tlačítka START) se aktivuje výstup O0.0 a na ovládací cívice Y1 je nyní napětí. Rozváděč 1.1 se přestaví. Tím dojde k vysunutí pístnice válce 1.0 a zvednutí válečkového stolu s trámem do požadované polohy.

Po vysunutí pístnice pneumomotoru 1.0 do koncové polohy je aktivován snímač polohy pneumomotoru S2, tzn., že na vstupu I0.1 je napěťový signál. Tento signál způsobí aktivaci výstupu O0.1 a na ovládací cívice Y2 je nyní napětí. Rozváděč 2.1 se přestaví. Tím dojde k vysunutí pístnice pneumomotoru 2.0 a provede se upnutí trámu mezi přípravky (čelisti). Při upínání tlak narůstá a až dosáhne požadované hodnoty pro upnutí trámu, dojde k sepnutí tlakového spínače S4 tzn., že na vstupu I0.3 je napěťový signál. Tento signál způsobí deaktivaci výstupu O0.0 a na ovládací cívice Y1 nyní není napětí. Rozváděč 1.1 se přestaví do základní polohy. Tím dojde k zasunutí pístnice pneumomotoru 1.0 a zajištění válečkového stolu do výchozí polohy. Po dosažení výchozí polohy pístnice pneumomotoru 1.0 je aktivován snímač polohy pneumomotoru S1, tzn., že na vstupu I0.0 je napěťový signál. Tento signál způsobí aktivaci výstupu O0.2 a na ovládací cívice Y3 je nyní napětí. Rozváděč 3.1 se přestaví. Tím dojde k pootočení hřídele pneumomotoru 3.0 a nastane pootočení trámu o 90°.

Po pootočení hřídele pneumomotoru 3.0 do koncové polohy je aktivován snímač polohy pneumomotoru S6, tzn., že na vstupu I0.5 je napěťový signál. Tento signál způsobí aktivaci výstupu O0.0 a na ovládací cívice Y1 je nyní napětí. Rozváděč 1.1 se přestaví. Tím dojde k vysunutí pístnice pneumomotoru 1.0 a zvednutí válečkového stolu do pracovní polohy. Po vysunutí pístnice pneumomotoru 1.0 do koncové polohy je znovu aktivován snímač polohy pneumomotoru S2, tzn., že na vstupu I0.1 je napěťový signál. Tento signál způsobí deaktivaci výstupu O0.1 a na ovládací cívice Y2 nyní není napětí. Rozváděč 2.1 se přestaví do základní polohy. Tím dojde k zasunutí pístnice pneumomotoru 2.0 a k uvolnění sevřeného trámu. Po dosažení výchozí polohy pístnice pneumomotoru 2.0 je aktivován

snímač polohy pneumomotoru S3, tzn., že na vstupu I0.2 je napěťový signál. Tento signál způsobí deaktivaci výstupu O0.0 a na ovládací cívice Y3 nyní není napětí. Rozváděč 1.1 se přestaví do základní polohy. Tím dojde k zasunutí pístnice pneumomotoru 1.0 a zajetí válečkového stolu s trámem do výchozí polohy. Po dosažení výchozí polohy pístnice pneumomotoru 1.0 je aktivován snímač polohy pneumomotoru S1, tzn., že na vstupu I0.0 je napěťový signál. Tento signál způsobí deaktivaci výstupu O0.2 a na ovládací cívice Y3 nyní není napětí. Rozváděč 3.1 se přestaví do základní polohy. Tím dojde k pootočení hřídele pneumomotoru 3.0 zpět o 90°. Po dosažení výchozí polohy hřídele pneumomotoru 3.0 je aktivován snímač polohy pneumomotoru S5, tzn., že na vstupu I0.4 je napěťový signál. Tento signál způsobí aktivaci výstupu O0.3 a na ovládací cívice Y4 je nyní napětí. Rozváděč 4.1 se přestaví. Tím dojde k vysunutí pístnice pneumomotoru 4.0 a odsunutí trámu na válečkový dopravník. Po vysunutí pístnice pneumomotoru 4.0 do koncové polohy je aktivován snímač polohy pneumomotoru S8, tzn., že na vstupu I0.7 je napěťový signál. Tento signál způsobí deaktivaci výstupu O0.3 a na ovládací cívice Y4 nyní není napětí. Rozváděč 4.1 se přestaví do základní polohy. Tím dojde k zasunutí pístnice pneumomotoru 4.0. Po dosažení základní polohy pístnice pneumomotoru 4.0 je aktivován snímač polohy pneumomotoru S7, tzn., že na vstupu I0.6 je napěťový signál.

Tento signál je výstupní elektrický signál nadřazenému systému – mechanismu pro obracení trámů s informací o tom, že zařízení je v základní poloze. Po opětovném sepnutí tlačítka S9 se celý cyklus opakuje. Rychlost všech válců je řízena zpětnými škrtkovými ventily.

	Snímač	Input		Elektromagnet	Output
PM 1.0	S1	I0.0	Rozváděč 1.1	Y1	O0.0
	S2	I0.1			
PM 2.0	S3	I0.2	Rozváděč 2.1	Y2	O0.1
	S4	I0.3			
PM 3.0	S5	I0.4	Rozváděč 3.1	Y3	O0.2
	S6	I0.5			
PM 4.0	S7	I0.6	Rozváděč 4.1	Y4	O0.3
	S8	I0.7			

Tab. 15 Přiřazení prvků obvodu k jednotlivým I/O řídicího systému

4.9 Program pro řízení obvodu v jazyce STL

viz. Příloha č. 6 - FST DPBYRTUS FEC

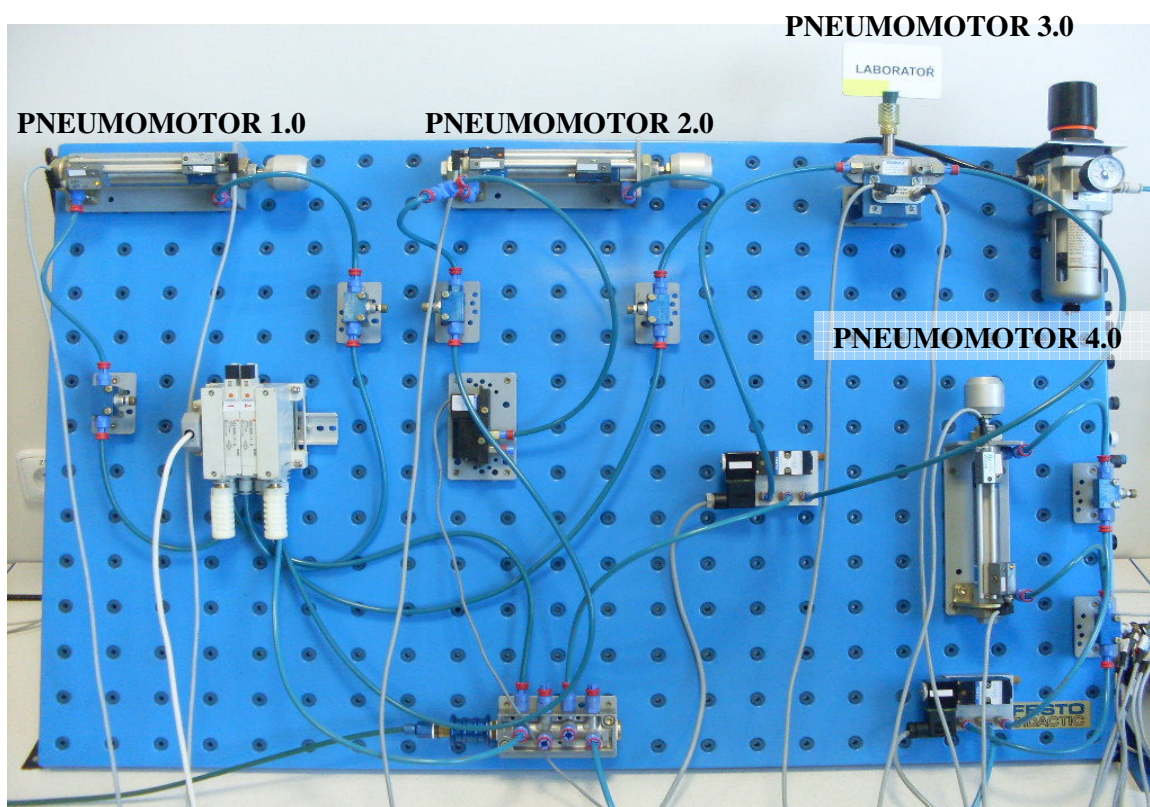
4.10 Komplexní diagram pohybů a ovládání elektropneumatického obvodu

viz. Výkres SNKIH01-2009-03

4.11 Realizace obvodu

Obvod obraceče bude realizován pomocí elektropneumatického řízení. Výhodou elektropneumatického řízení je, že můžeme zařízení optimálně řídit a i kontrolovat pomocí operátorských panelů. Další výhodou ve srovnání s pneumatickým řízením je návrhově jednodušší obvod. U obraceče by bylo obtížně realizovatelné vhodné umístění mechanických spínačů. Rovněž je třeba připomenout změnu dříve používaného pneumatického řízení, které se v posledních letech mění ve prospěch elektrického řízení.

Elektropneumaticky ovládaný obvod byl sestaven a odzkoušen na výukovém trenažéru FESTO v laboratoři pneumatiky katedry hydromechaniky a hydraulických zařízení.



Obr. 4.11.1 Sestavený elektropneumaticky ovládaný obvod pomocí trenažéru FESTO

5. Specifikace prvků v obvodu

5.1 Specifikace společných prvků v obvodu

Soupis prvků od jednotky pro úpravu stlačeného vzduchu (1) po přípojovací blok (PB), který je společný pro všechny válce 1.0, 2.0, 3.0, 4.0.

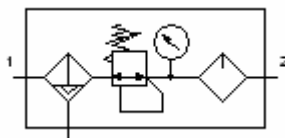
Jednotka pro úpravu vzduchu FRC-3/8-D-5M-MIDI-A (firmy Festo)

- jednotka pro úpravu stlačeného vzduchu. Kombinace redukčního ventilu, filtru a maznice. S kovovým ochranným košem a automatickým odpouštěním kondenzátu.

Charakteristické vlastnosti

provozní médium:	stlačený vzduch
připojení pneumatiky:	G3/8
stupeň filtrace:	5 μ m
normální jmenovitý průtok:	1,700 l/min
rozsah řízeného tlaku:	0,5 - 12 bar
vstupní tlak:	2 - 12 bar
montážní poloha:	svisle +/- 5°

značka:



Obr. 5.1.1

Šroubení QS-F-G3/8-8 (firmy Festo)

- celokovové šroubení s nástrčnými koncovkami s pochromovaným povrchem. Nástrčné šroubení - vnější závit s vnějším šestihranem.

Charakteristické vlastnosti

jmenovitá světlost:	$\varnothing d = 6,2 \text{ mm}$
vnější průměr hadice:	$\varnothing D = 8 \text{ mm}$
připojení:	G3/8
provozní tlak:	0,95 - 16 bar
počet:	2 kusy



Obr. 5.1.2

Redukce D-3/8I-1/2A (firmy Festo)

- redukce s těsnicím kroužkem

Charakteristické vlastnosti

připojení pneumatiky (vnitřní závit): G3/8

připojení pneumatiky (vnější závit): G1/2

**Obr. 5.1.3****Připojovací blok PRS-1/4-4-B (firmy Festo)**

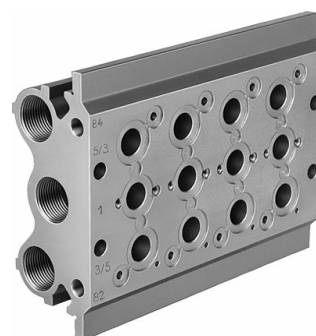
- připojovací blok PRS pro 4 ventilové pozice

Charakteristické vlastnosti

max. počet ventilových pozic: 4

připojení pneumatiky: G1/2

vzdálenost mezi přívody na ventil: L = 41 mm

**Obr. 5.1.4**

Firma Festo dodává v balení k připojovacím blokům:

- ✓ 1 profilovou lištu, 3 záslepky, 3 těsnicí kroužky
- ✓ každá ventilová pozice: 1 tvarové těsnění a 2 šrouby s válcovou hlavou
- ✓ krycí desku pro uzavření prázdných pozic
- ✓ uzavírací záslepku pro vytvoření tlakových zón

Tlumič hluku U-1/2-B (firmy Festo)Charakteristické vlastnosti

provozní tlak: 0 - 10 bar

normální jmenovitý průtok: 2500 l/min

hladina akustického tlaku: 80 dB

připojení pneumatiky: G1/2

materiál tlumicí vložky: PE

**Obr. 5.1.5**

značka:



Hadice PUN-8x1,25-SW (firmy Festo)

- vysoce ohebná hadice z plastu, vnější kalibrace. Pro nástrčná připojení QS, šroubení CN a CK.

Charakteristické vlastnosti

vnitřní průměr:	$\varnothing d_H = 5,7 \text{ mm}$
vnější průměr:	$\varnothing D_H = 8 \text{ mm}$
poloměr ohybu:	$R_H = 37 \text{ mm}$
provozní tlak:	0,95 - 10 bar
materiál:	polyuretan (nepřípustné pro použití při výrobě potravin)
délka hadice:	$l = 1,5 \text{ m}$

**Obr. 5.1.6****5.2 Větev s pneumomotorem 1.0**

Soupis prvků od připojovacího bloku (PB) po pneumomotor 1.0 (PM 1.0).

Válec DNG-100-400-PPV-A (firmy Festo)

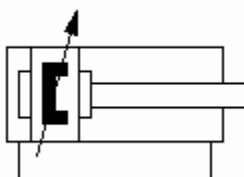
- dvojčinný válec s nastavitelným tlumením koncových poloh a bezdotykovým snímáním krajních poloh.

Charakteristické vlastnosti

průměr pístu:	$\varnothing D_H = 100 \text{ mm}$
průměr pístnice:	$\varnothing d_H = 25 \text{ mm}$
zdvih:	$H = 400 \text{ mm}$
závit na pístnici:	M20x1,5
provozní tlak:	0,6 - 10 bar
připojení pneumatiky:	G1/2
síla při vysouvání (6 bar):	$F = 4712 \text{ N}$

**Obr. 5.2.1**

značka:



Příslušenství**Přírubové upevnění FNG-100**

- přírubové upevnění pro válce DNG

Charakteristické vlastnosti

materiál: ocel (pozinkováno)

velikost: 100



Obr. 5.2.2

Upevňovací sada SMB-3-B (firmy Festo)

- upevňovací sada pro montáž přibližovacích čidel SMEO, SMPO, SMTO na válce se svorníkem, profilem DUO nebo upínací lištou.

Charakteristické vlastnosti

velikost: 3

počet: 2 kusy



Obr. 5.2.3

Elektrické přibližovací čidlo SMEO-1-LED-24-B (firmy Festo)

- hranaté přibližovací čidlo s jazýčkovým relé a světelnou diodou

Charakteristické vlastnosti

rozsah provozního napětí DC: 12 - 27 V

max. výstupní proud: 1 A

spínaný výstup: s kontaktem, bipolární

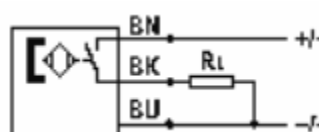
doba sepnutí: $\leq 0,5$ ms

délka kabelu: 2,5 m

ukazatel polohy sepnutí žlutá: LED

počet: 2 kusy

značka:



Obr. 5.2.4

Elektromagnetický ventil MFH-5-1/4-B

- elektromagnetický ventil s pomocným ručním ovládáním, bez elektromagnetické cívky a bez zásuvky. Monostabilní, nepřímo řízený.

Charakteristické vlastnosti

normální jmenovitý průtok: 1300 l/min
 provozní tlak: 2 - 10 bar
 čas pro sepnutí: 12 ms
 připojení pneumatiky: G1/4

značka:



Obr. 5.2.5

Příslušenství**Elektromagnetická cívka MSFG-24/42-50/60**

- elektromagnetická cívka se standardní zásuvkou

Charakteristické vlastnosti

parametry cívky: 24V DC
 42 V AC



Obr. 5.2.6

Hadice PUN-10x1,5-SW (firmy Festo)

- vysoce ohebná hadice z plastu, vnější kalibrace. Pro nástrčná připojení QS, šroubení CN a CK.

Charakteristické vlastnosti

vnitřní průměr: $\varnothing d_H = 7 \text{ mm}$
 vnější průměr: $\varnothing D_H = 10 \text{ mm}$
 poloměr ohybu: $R_H = 54 \text{ mm}$
 provozní tlak: 0,95 - 10 bar
 materiál: polyuretan (nepřípustné pro použití při výrobě potravin)
 délka hadice: $l = 2,5 \text{ m}$



Obr. 5.2.7

Šroubení QS-F-G1/4-10 (firmy Festo)

- celokovové šroubení s nástrčnými koncovkami s pochromovaným povrchem.
Nástrčné šroubení - vnější závit s vnějším šestihranem.

Charakteristické vlastnosti

jmenovitá světlost:	$\varnothing d = 7,3 \text{ mm}$
vnější průměr hadice:	$\varnothing D = 10 \text{ mm}$
připojení:	G1/4
provozní tlak:	0,95 - 16 bar

**Obr. 5.2.8****Šroubení QS-F-G1/2-10 (firmy Festo)**

- celokovové šroubení s nástrčnými koncovkami s pochromovaným povrchem.
Nástrčné šroubení - vnější závit s vnějším šestihranem.

Charakteristické vlastnosti

jmenovitá světlost:	$\varnothing d = 8,3 \text{ mm}$
vnější průměr hadice:	$\varnothing D = 10 \text{ mm}$
připojení:	G1/2
provozní tlak:	0,95 - 16 bar

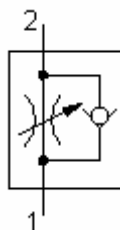
**Obr. 5.2.9****Škrticí ventil GRLA-1/2- B**

- jednosměrný škrticí ventil pro škrcení na odvětrání, s otočným přívodem a přímou montáží na válec.

Charakteristické vlastnosti

normální jmenovitý průtok:	$Q_N = 1750 \text{ l/min}$
provozní tlak:	0,3 - 10 bar
připojení pneumatiky:	G1/2

značka:

**Obr. 5.2.10**

5.3 Větev s pneumomotorem 2.0

Soupis prvků od připojovacího bloku (PB) po pneumomotor 2.0 (PM 2.0).

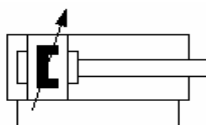
Válec DNC-100-80-PPV-A (firmy Festo)

- dvojčinný válec s nastavitelným tlumením koncových poloh a bezdotykovým snímáním krajních poloh.

Charakteristické vlastnosti

průměr pístu:	$\varnothing D_H = 100 \text{ mm}$
průměr pístnice:	$\varnothing d_H = 25 \text{ mm}$
zdvih:	$H = 80 \text{ mm}$
závit na pístnici:	M20x1,5
provozní tlak:	0,6 - 12 bar
připojení pneumatiky:	G1/2
síla při vysouvání (6 bar):	$F = 4712 \text{ N}$

značka:



Obr. 5.3.1

Příslušenství

Patkové upevnění HNC-100

- pro válce DNC

Charakteristické vlastnosti

materiál:	ocel (pozinkováno)
velikost:	100



Obr. 5.3.2

Krycí lišta do drážky ABP-5 (firmy Festo)

- krycí lišta do drážky pro ochranu upevňovacích drážek u válců a přímočarých pohonů

Charakteristické vlastnosti

velikost:	5
konstrukční tvar:	pro T-drážku
délka:	2x0,5 m



Obr. 5.3.3

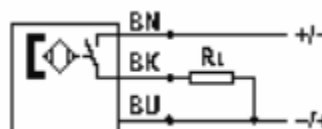
Elektrické přibližovací čidlo SME-8-K-LED-24 (firmy Festo)

- přibližovací čidlo s jazýčkovým relé a světelnou diodou pro pohony s drážkou

Charakteristické vlastnosti

rozsah provozního napětí DC:	12 - 30 V
rozsah provozního napětí AC:	12 - 30 V
max. výstupní proud:	500 mA
spínaný výstup:	s kontaktem, bipolární
doba sepnutí:	$\leq 0,5$ ms
délka kabelu:	2,5 m
ukazatel polohy sepnutí žlutá:	LED
typ upevnění:	svorkou do T-drážky
počet:	2 kusy

značka:

**Obr. 5.3.4****Šroubení QS-F-G1/4-10 (firmy Festo)**

- celokovové šroubení s nástrčnými koncovkami s pochromovaným povrchem.

Nástrčné šroubení - vnější závit s vnějším šestihranem.

Charakteristické vlastnosti

jmenovitá světlost:	$\varnothing d = 7,3$ mm
vnější průměr hadice:	$\varnothing D = 10$ mm
připojení:	G1/4
provozní tlak:	0,95 - 16 bar
počet:	2 kusy

**Obr. 5.3.5**

Elektromagnetický ventil MFH-5-1/4-B

- elektromagnetický ventil s pomocným ručním ovládáním, bez elektromagnetické cívky a bez zásuvky. Monostabilní, nepřímo řízený.

Charakteristické vlastnosti

normální jmenovitý průtok: 1300 l/min
 provozní tlak: 2 - 10 bar
 čas pro sepnutí: 12 ms
 připojení pneumatiky: G1/4

značka:



Obr. 5.3.6

Příslušenství**Elektromagnetická cívka MSFG-24/42-50/60**

- elektromagnetická cívka se standardní zásuvkou

Charakteristické vlastnosti

parametry cívky: 24V DC
 42 V AC



Obr. 5.3.7

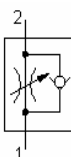
Škrticí ventil GRLA-1/2- B

- jednosměrný škrticí ventil pro škrcení na odvětrání, s otočným přívodem a přímou montáží na válec.

Charakteristické vlastnosti

normální jmenovitý průtok: $Q_N = 1750 \text{ l/min}$
 provozní tlak: 0,3 - 10 bar
 připojení pneumatiky: G1/2

značka:



Obr. 5.3.8

Hadice PUN-10x1,5-SW (firmy Festo)

- vysoce ohebná hadice z plastu, vnější kalibrace. Pro nástrčná připojení QS, šroubení CN a CK.

Charakteristické vlastnosti

vnitřní průměr:	$\varnothing d_H = 7 \text{ mm}$
vnější průměr:	$\varnothing D_H = 10 \text{ mm}$
poloměr ohybu:	$R_H = 54 \text{ mm}$
provozní tlak:	0,95 - 10 bar
materiál:	polyuretan (nepřípustné pro použití při výrobě potravin)
délka hadice:	$l = 1 \text{ m}$

**Obr. 5.3.9****5.4 Větev s pneumomotorem 3.0**

Soupis prvků od připojovacího bloku (PB) po pneumomotor 3.0 (PM 3.0).

Kyvný pneumomotor DRQ-25-90-PPVJ-A

- kyvný pohon pro bezdotykové snímání, s nastavitelným tlumením v koncových polohách a převodem ozubenými koly s vymezením vůlí

Charakteristické vlastnosti

krouticí moment (6 bar):	2.5 Nm
průměr pístu:	$\varnothing D = 25 \text{ mm}$
úhel otočení:	$\varphi = 90^\circ$
připojení pneumatiky:	M5
provozní tlak:	2,5 - 10 bar

**Obr. 5.4.1****Příslušenství****Patkové upevnění HQ-25-W**

- pro kyvný pohon DRQ

Charakteristické vlastnosti

materiál:	ocel (pozinkováno)
velikost:	25

**Obr. 5.4.2**

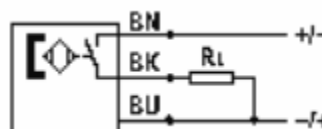
Elektrické přibližovací čidlo SME-8-K-LED-24 (firmy Festo)

- přibližovací čidlo s jazýčkovým relé a světelnou diodou pro pohony s drážkou

Charakteristické vlastnosti

rozsah provozního napětí DC:	12 - 30 V
rozsah provozního napětí AC:	12 - 30 V
max. výstupní proud:	500 mA
spínaný výstup:	s kontaktem, bipolární
doba sepnutí:	$\leq 0,5$ ms
délka kabelu:	2,5 m
ukazatel polohy sepnutí žlutá:	LED
typ upevnění:	svorkou do T-drážky
počet:	2 kusy

značka:



Obr. 5.4.3

Elektromagnetický ventil MFH-5-1/4-B

- elektromagnetický ventil s pomocným ručním ovládáním, bez elektromagnetické cívky a bez zásuvky. Monostabilní, nepřímý řízený.

Charakteristické vlastnosti

normální jmenovitý průtok:	1300 l/min
provozní tlak:	2 - 10 bar
čas pro sepnutí:	12 ms
připojení pneumatiky:	G1/4

značka:



Obr. 5.4.4

Příslušenství**Elektromagnetická cívka MSFG-24/42-50/60**

- elektromagnetická cívka se standardní zásuvkou

Charakteristické vlastnosti

parametry cívky: 24V DC
42 V AC

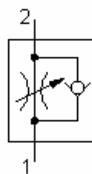
**Obr. 5.4.5****Škrticí ventil GRLA-M5-B (firmy Festo)**

- jednosměrný škrticí ventil pro škrcení na odvětrání, s otočným přívodem a přímou montáží na válec.

Charakteristické vlastnosti

normální jmenovitý průtok: $Q_N = 90 \text{ l/min}$
provozní tlak: 0,2 - 10 bar
připojení pneumatiky: M5

značka:

**Obr. 5.4.6****Šroubení QS-F-G1/8-4 (firmy Festo)**

- celokovové šroubení s nástrčnými koncovkami s pochromovaným povrchem.
Nástrčné šroubení - vnější závit s vnějším šestihranem.

Charakteristické vlastnosti

jmenovitá světlost: $\varnothing d = 2,6 \text{ mm}$
vnější průměr hadice: $\varnothing D = 4 \text{ mm}$
připojení: G1/8
provozní tlak: 0,95 - 16 bar

**Obr. 5.4.7**

Redukce D-1/8I-1/4A (firmy Festo)

- redukce s těsnicím kroužkem

Charakteristické vlastnosti

připojení pneumatiky (vnitřní závit): G1/8

připojení pneumatiky (vnější závit): G1/4



Obr. 5.4.8

Šroubení QS-F-M5-4 (firmy Festo)

- celokovové šroubení s nástrčnými koncovkami s pochromovaným povrchem.

Nástrčné šroubení - vnější závit s vnějším šestihranem.

Charakteristické vlastnosti

jmenovitá světlost: $\varnothing d = 2,6 \text{ mm}$

vnější průměr hadice: $\varnothing D = 4 \text{ mm}$

připojení: M5

provozní tlak: 0,95 - 16 bar



Obr. 5.4.9

Hadice PUN-4x0,75-SW (firmy Festo)

- vysoce ohebná hadice z plastu, vnější kalibrace. Pro nástrčná připojení QS, šroubení CN a CK.

Charakteristické vlastnosti

vnitřní průměr: $\varnothing d_H = 2,6 \text{ mm}$

vnější průměr: $\varnothing D_H = 4 \text{ mm}$

poloměr ohybu: $R_H = 17 \text{ mm}$

provozní tlak: 0,95 - 10 bar

materiál: polyuretan (nepřípustné pro použití při výrobě potravin)

délka hadice: $l = 4 \text{ m}$



Obr. 5.4.10

5.5 Větev s pneumomotorem 4.0

Soupis prvků od připojovacího bloku (PB) po pneumomotor 4.0 (PM 4.0).

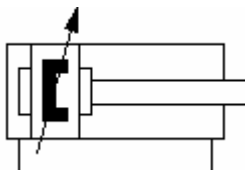
Válec DNG-40-800-PPV-A (firmy Festo)

- dvojčinný válec s nastavitelným tlumením koncových poloh a bezdotykovým snímáním krajních poloh.

Charakteristické vlastnosti

průměr pístu:	$\varnothing D_H = 40 \text{ mm}$
průměr pístnice:	$\varnothing d_H = 16 \text{ mm}$
zdvih:	$H = 800 \text{ mm}$
závit na pístnici:	M12x1,25
provozní tlak:	0,6 - 10 bar
připojení pneumatiky:	G1/4
síla při vysouvání (6 bar):	$F = 754 \text{ N}$

značka:



Obr. 5.5.1

Příslušenství

Patkové upevnění HNG-40

- pro válce DNG

Charakteristické vlastnosti

materiál:	ocel (pozinkováno)
velikost:	40



Obr. 5.5.2

Upevňovací sada SMB-2-B (firmy Festo)

- upevňovací sada pro montáž přibližovacích čidel SMEO, SMPO, SMT0 na válce se svorníkem, profilem DUO nebo upínací lištou.

Charakteristické vlastnosti

velikost:	2
počet:	2 kusy



Obr. 5.5.3

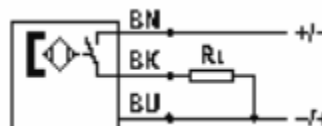
Elektrické přibližovací čidlo SMEO-1-LED-24-B (firmy Festo)

- hranaté přibližovací čidlo s jazýčkovým relé a světelnou diodou

Charakteristické vlastnosti

rozsah provozního napětí DC:	12 - 27 V
max. výstupní proud:	1 A
spínaný výstup:	s kontaktem, bipolární
doba sepnutí:	$\leq 0,5$ ms
délka kabelu:	2,5 m
ukazatel polohy sepnutí žlutá:	LED
počet:	2 kusy

značka:



Obr. 5.5.4

Elektromagnetický ventil MFH-5-1/4-B

- elektromagnetický ventil s pomocným ručním ovládáním, bez elektromagnetické cívky a bez zásuvky. Monostabilní, nepřímý řízený.

Charakteristické vlastnosti

normální jmenovitý průtok:	1300 l/min
provozní tlak:	2 - 10 bar
čas pro sepnutí:	12 ms
připojení pneumatiky:	G1/4

značka:



Obr. 5.5.5

Příslušenství**Elektromagnetická cívka MSFG-24/42-50/60**

- elektromagnetická cívka se standardní zásuvkou

Charakteristické vlastnosti

parametry cívky:	24V DC
	42 V AC



Obr. 5.5.6

Škrticí ventil GRLA-1/4- B

- jednosměrný škrticí ventil pro škrcení na odvětrání, s otočným přívodem a přímou montáží na válec.

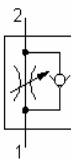
Charakteristické vlastnosti

normální jmenovitý průtok: $Q_N = 500 \text{ l/min}$

provozní tlak: 0,3 - 10 bar

připojení pneumatiky: G1/4

značka:



Obr. 5.5.7

Šroubení QS-F-G1/4-6 (firmy Festo)

- celokovové šroubení s nástrčnými koncovkami s pochromovaným povrchem. Nástrčné šroubení - vnější závit s vnějším šestihranem.

Charakteristické vlastnosti

jmenovitá světlost: $\varnothing d = 4,2 \text{ mm}$

vnější průměr hadice: $\varnothing D = 6 \text{ mm}$

připojení: G1/4

provozní tlak: 0,95 - 16 bar

počet: 2 kusy



Obr. 5.5.8

Hadice PUN-6x1-SW (firmy Festo)

- vysoce ohebná hadice z plastu, vnější kalibrace. Pro nástrčná připojení QS, šroubení CN a CK.

Charakteristické vlastnosti

vnitřní průměr: $\varnothing d_H = 4 \text{ mm}$

vnější průměr: $\varnothing D_H = 6 \text{ mm}$

poloměr ohybu: $R_H = 26,5 \text{ mm}$

provozní tlak: 0,95 - 10 bar

materiál: polyuretan (nepřípustné pro použití při výrobě potravin)

délka hadice: $l = 2,5 \text{ m}$



Obr. 5.5.9

6. Dispoziční výkres obraceče (projekční návrh)

viz. Výkres SNKIH01-2009-05

Celé zařízení pro obracení trámů se skládá z několika částí. Základ tvoří svařovaný ocelový rám včetně válečkového stolu. Uprostřed spodní části rámu (základny obraceče) je ocelová deska z níž vybíhají paprsky do všech rohů a středů stran obraceče. Na ocelové desce je rovněž upevněn, pomocí příruby, pneumomotor 1.0, jehož pístnice je připojena kloubovou hlavicí k válečkovému stolu. Taková to konstrukce základny zajišťuje dobrou stabilitu obraceče.

Na čtyřech stojkách rámu jsou v dolní části přivařeny dorazy, na které dosedá válečkový stůl. Pohyb stolu je řešen lineárním vodícím systémem zabudovaným ve stojkách rámu. Vodící systém sestává z vodících rolen s vodící drážkou a vodících lišt. Dále ve všech čtyřech rozích je válečkový stůl opatřen kuličkovými pouzdry, které v kombinaci s vodícími tyčemi zaručují plynulý pohyb stolu do pracovní polohy.

Na kratších stranách rámu jsou ke stojkám přivařeny zesílené L-profil. Na tyto profily z jedné strany obraceče je patkami uchycen kyvný pneumomotor 3.0, jehož hřídel procházející ložiskovým domkem je spojena s přípravkem pro otáčení. Na druhé straně obraceče je patkovým uchycením připevněn pneumomotor 2.0. Na jeho pístnici je našroubován přípravek pro sevření a otáčení trámů.

Kromě vlastního mechanismu pro obracení, můžeme vidět ještě stůl, na kterém je pomocí patek uchycen pneumomotor 4.0. Pro příliš velký zdvih válce je nutno zajistit vedení přípravku pro odsun trámu mimo obraceč. Vedení je realizováno pomocí vodících tyčí.

Další částí je válečkový dopravník, kterým jsou dopravovány trámy k dalšímu zpracování – k hoblování.

..

7. Pokyny pro uvedení do provozu, údržbu a návrh diagnostiky obraceče

7.1 Všeobecné podmínky pro provoz pneumatických obvodů

- při uvedení výrobků do provozu je zapotřebí dodržovat bezpečnostní pravidla, návody, doporučení a předepsané technické parametry (teplota, tlak, ... atd.)
- oblasti, které zůstávají pod tlakem i po uzavření přívodu vzduchu a odvodu vzduchu, se mají v pneumatických obvodech speciálně označit
- je nutné vzít v úvahu selhání výrobku, případně vznik nebezpečných situací, v důsledku nesprávného zacházení, stárí nebo poruchy
- celé pneumatické obvody, u kterých je nezbytná vysoká opatrnost při opravárenských pracích se doporučuje označit (zvláštním nápisem, symbolem, ...atd.)
- na zařízeních, kde jsou namontovány pneumatické válce, se nedoporučuje provádět svářečské práce elektrickým obloukem
- osoba obsluhující stroj musí učinit dostatečná ochranná opatření k zamezení vzniku škod na materiálu a zdraví zaměstnanců

7.2 Pokyny pro montáž a uvedení obvodu do provozu

Pneumatický obvod se obvykle montuje podle schématu, který je zpracován podle ČSN 013624. Před montáží je nezbytné zkontrolovat použité prvky, odpovídají-li jejich štítkové parametry parametrům předepsaným na výkrese, zabezpečit jejich odkonzervování a prověřit jejich vnitřní a vnější čistotu. Je nezbytné se podrobně seznámit s dokumentací prvků (technické podmínky, montážní předpisy, pokyny pro uvedení do provozu a pro údržbu) a pochopit jeho funkci.

Základním požadavkem při montáži je dodržování čistoty nejen montovaných prvků, ale i pracovního prostředí a pomůcek.

7.2.1 Obecné pokyny montáže

- nejprve se musíme seznámit s veškerou dokumentací pneumatického mechanismu
- z hlediska bezpečnosti práce musí montáž provádět kvalifikovaný pracovník
- montáž musí být provedena přesně podle obvodového schématu

- při montáži jednotlivých pneumatických prvků je nutné věnovat pozornost směru průtoku vzduchu, který je vyznačen na prvcích šipkami nebo nápisy IN a OUT
- mechanické koncové spínače i magnetické koncové spínače musí být umístěny do předepsaných poloh tak, aby mohly vykonávat svou funkci
- plastové trubky je nutno umístit tak, aby nedošlo k jejich poškození; je třeba dodržet minimální poloměr ohybu
- ochranné kryty pneumatických prvků sejmout těsně před montáží
- nemělo by se používat hrubé síly

7.2.2 Činnosti před uvedením do provozu

- nejprve se musíme důkladně seznámit s veškerou dokumentací uvedenou výrobcem a zvláštními způsoby uvedení jednotlivých prvků do provozu
- zkontrolujeme správnost provedeného propojení jednotlivých prvků podle pneumatického schématu
- zkontrolujeme všechny prvky a hadice, zda nejsou poškozeny nebo znečištěny
- zkontrolujeme zda jsou všechna šroubení a prvky řádně namontovány a předepsaným kroutícím momentem dotaženy

7.2.3 Zkušební provoz obvodu

- zkušební provoz obvodu se provádí při provozních podmínkách
- vyzkoušíme všechny funkce elektropneumatického obvodu a porovnáme je s plánovanými hodnotami
- zkontrolujeme filtr a těsnost obvodu

7.2.4 Obsluha pneumatického mechanismu

Pracovníci přicházející do kontaktu s tímto zařízením musí dodržovat následující pravidla:

- pneumatický mechanismus může obsluhovat pouze osoba poučená, s odbornou znalostí funkce pneumatického obvodu a poučená o správné a bezpečné obsluze
- obecné předpisy o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci jsou uvedeny v zákoníku práce, § 272, odst. 2

- při jakýchkoli opravách, údržbě nebo výměně prvků ...atd. je nutné, aby zařízení bylo zajištěné a v základní poloze. Dále je zapotřebí uzavření přívodu vzduchu a úplné odvodušnění obvodu.
- oprava všech poruch vyžaduje vyškolené údržbáře, znalé funkce prvků, metodiky vyhledávání závad, jejich příčin a způsobu odstranění

7.3 Provoz a údržba obvodu

Bezporuchový provoz pneumatického mechanismu je předpokládán zajištěním 100% funkce jednotlivých pneumatických prvků, ze kterých se skládá pneumatický obvod. Jako médium v obvodu bude použit mazaný filtrovaný vzduch.

7.3.1 Provoz a údržba jednotky pro úpravu stlačeného vzduchu

Provozní spolehlivost a životnost pneumatických obvodů podstatně závisí na kvalitě přiváděného stlačeného vzduchu. Nečistoty jako okuje, piliny, prach zvyšují míru povrchového opotřebení součástí a těsnění, čímž se snižuje hospodárnost a životnost pneumatických prvků.

- automatický vypouštěč kondenzátu nevyžaduje prakticky žádnou údržbu
- filtrační vložka je opakovatelně použitelná po propláchnutí v technickém benzínu nebo v jiném čisticím prostředku a profouknutí stlačeným vzduchem
- případnou výměnu filtrační vložky lze provést při odpojení jednotky pro úpravu vzduchu
- doplňování oleje se provádí buď přímo do nádoby při odpojeném přívodu stlačeného vzduchu, nebo při použití plnicí hlavy při provozu maznice
- nádoby jsou vyrobeny z polykarbonátu a mohou se čistit pouze mýdlem a vodou. Na čištění nádobek se nesmí použít rozpouštědla (alkohol, technický benzín,...apod.), jinak dojde k popraskání nádobek.

7.3.2 Provoz a údržba rozváděčů, škrťících a jednosměrných ventilů

- životnost rozváděčů je závislá na pracovních podmínkách a kvalitě stlačeného vzduchu. Průměrná životnost rozváděčů navržených v pneumatických obvodech je přibližně 10 až 15 miliónů spínacích cyklů.
- odvodušňovací otvory v rozvaděčích by měly být opatřeny tlumiči hluku, aby se předešlo vniknutí nečistot do rozvaděče a kvůli tlumení nepříjemného hluku

- při provozování elektropneumatických ventilů je nutno dbát všech bezpečnostních předpisů, které se vztahují na příslušná elektrická zařízení
- zapojení elektromagnetické cívky na ventilu smí provádět pouze osoba s platnou příslušnou kvalifikací na elektrická zařízení nízkého napětí
- před montáží je potřeba zkontrolovat neporušenost těsnění
- je nutné dodržovat uvedená technická data, zejména tlak vzduchu, jeho čistotu a napětí na elektromagnetech
- při dodržení těchto podmínek lze údržbu prvků omezit na příležitostné vyčištění

7.3.3 Provoz a údržba plastových hadic

- těsnost spojů pneumatického obvodu je důležité kontrolovat v pravidelných intervalech
- před montáží je třeba přívodní hadice důkladně profouknout stlačeným vzduchem, aby se zabránilo vniknutí nečistot do obvodu
- poloměr ohybu hadic musí odpovídat doporučenému minimálnímu poloměru
- proto je třeba důkladně dbát na těsnost rozvodů a pravidelně ji kontrolovat
- při dotažení spojů pneumatického obvodu je třeba uvažovat přípustný utahovací moment. Při jeho překročení může dojít k vytlačení těsnicího materiálu a tím k netěsnosti spoje.
- těsnost spojů lze zajistit použitím těsnicí pásky (šňůry) nebo tekutého těsnicího prostředku (těsnicí páska se nanáší za prvním nebo druhým stoupáním závitu od konce a namotávají se maximálně 2 vrstvy)

Montáž hadic

- plastová hadice musí být uříznuta kolmo, povrch hadice se nesmí poškodit
- hadici zasuněte do objímky nástrčné spojky až na doraz
- zkontrolujte správné nasazení hadice jejím mírným povytažením

Demontáž hadic

- rovnoměrně zatlačte uvolňovací kroužek až na doraz
- při stlačeném uvolňovacím kroužku vytáhněte hadici. Není-li uvolňovací kroužek dotlačen na doraz, nedojde k úplnému rozevření kleštiny, což brání vytažení hadice.
- při opakované montáži se smí použít pouze nepoškozené hadice. Poškozené konce hadic se musí odstříhnout.

7.4 Návrh diagnostiky obraceče

Pneumatické obvody jsou skupinou používanou u řady systémů a na jejich dobrém technickém stavu závisí jejich funkčnost. Vlastní stanovení, resp. určení technického stavu celého pneumatického obvodu, nebo jeho jednotlivých prvků je problém těžko realizovatelný a v dnešní době bez použití prostředků technické diagnostiky ani možný.

Speciální systémy pro diagnostiku pneumatických obvodů pomůžou odhalit různé netěsnosti a úniky vzduchu na provozovaných zařízeních.

Mezi nejdůležitějšími parametry pro diagnostiku pneumatického obvodu obraceče patří tlak, průtok a přesné polohování pístnic pneumomotorů.

- pro diagnostiku polohy jsou rozhodující snímače polohy. V našem případě elektronická přibližovací čidla (SMEO-1-LED-24-B; SME-8-K-LED-24)
- pro diagnostiku tlaku je to jednotka pro úpravu vzduchu (*FRC-3/8-D-5M-MIDI-A*)
- pro diagnostiku průtoku jsou důležité co nejmenší netěsnosti a úniky vzduchu, které lze zmenšit použitím vhodných těsnění

Pneumatický obvod obraceče je tvořen výhradně prvky od firmy Festo. Z toho důvodu bych rád zmínil monitorovací systém **Festo Energy Monitoring System GFDM**, který nepřetržitě hlídá tlak, průtok a spotřebu u jednotlivých strojů či větví pneumatického systému, čímž je zajištěna podmínka – preventivní údržby a energetické účinnosti v průběhu operace. Instalace, provoz a využívání GFDM je možné bez rozsáhlého školení personálu údržby díky uživatelskému rozhraní pro software.

Zajímavostí je, že sama společnost Festo takto ušetřila ve svém největším závodě v St. Ingbert 20% nákladů na energii při výrobě stlačeného vzduchu. [20]

8. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout pneumatický mechanismus pro obracení trámů, který umožňuje čtyřstranné ohoblování trámů v hoblovně.

Diplomová práce obsahuje popis zařízení pro obracení trámů včetně funkce pneumatického obvodu, výpočet statických a dynamických parametrů pneumatického mechanismu a dvě varianty obvodu: pneumaticky a elektropneumaticky řízený. Pro tyto varianty obvodu je proveden jejich popis funkce, specifikace prvků a komplexní diagram pohybu a ovládání. Pro konečné řešení jsem zvolil elektropneumaticky řízený obvod, pro který je proveden návrh pneumatických prvků z katalogu firmy FESTO a jejich výpočet propustnosti. Součástí elektropneumatického obvodu je rovněž výpis programu v jazyce STL pro řízení obvodu programovatelným automatem E.FEC20. Další kapitolu tvoří dispoziční výkres obraceče, kde je popis konstrukce důležitých částí s návazností na výkresovou dokumentaci. Dále práce zahrnuje pokyny pro uvedení pneumatického mechanismu do provozu a údržbu včetně návrhu diagnostiky obraceče.

K diplomové práci jsou přiložena schémata obou variant obvodu s komplexními diagramy pohybu a dispoziční výkres obraceče. Na přiloženém CD nosiči jsou také soubory obsahující fotky a simulaci funkce elektropneumatického obvodu sestaveného a odzkoušeného na výukovém trenažéru FESTO.

9. Seznam použité literatury

- [1] KOPÁČEK, J. *Pneumatické mechanismy díl I. - Pneumatické prvky a systémy*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2005. 275 s.
- [2] KOPÁČEK, J. *Pneumatické mechanismy díl II. – Řízení pneumatických systémů*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2005. 94 s.
- [3] KOPÁČEK, J.; ŽÁČEK, M. *Pneumatická zařízení strojů*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2003. 94 s.
- [4] KOPÁČEK, J.; ŽÁČEK, M. *Cvičení z řízení pneumatických systémů*. Ostrava: Skripta VŠB – TU Ostrava, 2004, 94 s. ISBN 80-248-0692-4.
- [5] Kolektiv autorů. *Pneumatické řídicí systémy*. Ostrava: Dům techniky, 1971, 278 s.
- [6] MIKOLÁŠIK, Ľ.; OSWALD, J. *Mechanizmy a systémy manipulácie s materiálom v drevárskom priemysle*. Bratislava: ALFA, 1978. 320 s.
- [7] UHLÍŘ, F.; TALÁCKO, J.; MATIČKA, R. *Pneumatické obvody*. České Budějovice: Dům techniky, 1981. 153 s.
- [8] CHVÁLA, B.; NEDBAL, J.; DUNAY, G. *Automatizace*. Praha: SNTL, 1989. 608s. ISBN 80-03-00090-4
- [9] JANÁK, K. *Automatizace pro dřevařské inženýrství*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně: MZLU, 2003. 296 s. ISBN 80-7157-710-3
- [10] MARTÍNEK, P. *Transportní zařízení (řešené příklady)*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1993. 112 s. ISBN 80-7078-165-3
- [11] WĘSIERSKI, ŁUKASZ N. *Projektowanie pneumatycznych układów napędowych i sterujących*. Kraków: Wydawnictwa AGH, 1994. 112 s.
- [12] BUZEK, V. *Periferní zařízení RTP*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1993. 160 s. ISBN 80-7078-159-9

- [13] BENEŠ, P. *Pneumatické ovládání*. Praha: Skripta ČVUT Praha, 1998. 94 s.
- [14] LEINVEBER, J.; VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. Praha: ALBRA, 2003. 868 s.
ISBN 80-86490-74-2.
- [15] KRIECHBAUM, G. *Pneumatische Steuerungen*. Braunschweig – Německo, 1971.
236 s.
- [16] SMC Industrial Automation CZ. Brno. *SMC Training*
Dostupné z www: <URL <http://www.smc.cz>>
- [17] SMC. *Katalog produktů*. [online] březen 2008.
Dostupné z www: <URL <http://www.smc.cz>>
- [18] FESTO. *Katalog produktů*. [online] únor 2008.
Dostupné z www: <URL <http://www.festo.com>>
- [19] STRÁNSKÝ a PETRŽÍK s.r.o. *Katalog produktů*. [online] 2008.
Dostupné z www: <URL <http://www.stranskyapetrzik.cz>>
- [20] MM Průmyslové spektrum. *Strojírenský měsíčník*.
Dostupné z www: <URL <http://www.mmspektrum.com>>
- [21] AUTOMA. *Časopis pro automatizační techniku*. Vydavatelství: FCC Public
Dostupné z www: <URL <http://www.odbornecasopisy.cz>>

10. Seznam příloh

Příloha č.1:

SNKIH01-2009-01: Schéma pneumaticky řízeného obvodu

Příloha č.2:

SNKIH01-2009-02: Schéma elektropneumaticky řízeného obvodu

Příloha č.3:

SNKIH01-2009-03: Komplexní diagram pohybů a ovládání elektropneumatického obvodu

Příloha č.4:

SNKIH01-2009-04: Komplexní diagram pohybů a ovládání pneumatického obvodu

Příloha č.5:

SNKIH01-2009-05: Dispoziční výkres obraceče (projekční návrh)

Příloha č.6:

FST DPBYRTUS FEC: Program pro řízení obvodu v jazyce STL

CD nosič:

CD obsahuje tuto diplomovou práci včetně příloh

Závěrem bych chtěl poděkovat panu Ing. Miloslavu Žáčkovi za odbornou a ochotnou výpomoc s vypracováním diplomové práce.